



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ÚSTAV AUTOMATIZACE A INFORMATIKY

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF AUTOMATION AND COMPUTER SCIENCE

# MONITOROVÁNÍ PARAMETRŮ PROSTŘEDÍ

ENVIRONMENT PARAMETERS MONITORING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR THESIS

**AUTOR PRÁCE**  
AUTHOR

**Tomáš Richter**

**VEDOUCÍ PRÁCE**  
SUPERVISOR

**Ing. František Vdoleček, CSc.**

BRNO 2013



Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automatizace a informatiky

Akademický rok: 2012/2013

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

student(ka): Tomáš Richter

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Aplikovaná informatika a řízení (3902R001)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

### **Monitorování parametrů prostředí**

v anglickém jazyce:

### **Environment parameters monitoring**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

V každodenní praxi potřebujeme velmi často znát parametry pracovního nebo laboratorního prostředí. Jejich znalost umožní zajistit potřebný komfort prostředí nebo také patřičně korigovat výsledky měření v laboratoři.

Cíle bakalářské práce:

Ve své práci analytujte dostupné možnosti, metody a prostředky pro monitorování parametrů prostředí a vytvořte jednoduchý funkční model pro laboratoř měření.

Doporučená osnova práce:

1. Parametry ovlivňující pohodu člověka a výsledky měření
2. Možnosti automatizovaného měření vybraných parametrů
3. Návrh a realizace monitorování prostředí pro potřeby výukové laboratoře

## Seznam odborné literatury:

CHUDÝ, V.; Palenčár, R.; Kureková, E.; Halaj, M. Meranie technických veličín : 1.vydání Bratislava : Vydavateľstvo STU, 1999. 688s. ISBN 80-227-1275-2.

JENČÍK, J; Volf, J.; Technická měření : 1.vydání Praha : Vydavatelství ČVUT, 2000. 212 s. ISBN 80-01-02138-6.

NOVÝ, R. Technika prostředí. 1.vydání :Praha : Vydavatelství ČVUT , 2000. 265 s. ISBN 80-01-02108-4.

Pavelek, M.;Štětina, J. Experimentální metody v technice prostředí. :Brno: Ediční středisko VUT v Brně 2007.215 s. ISBN 978-80-214-3426-4

Firemní literatura

Vedoucí bakalářské práce: Ing. František Vdoleček, CSc.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2012/2013.

V Brně, dne

L.S.

---

Ing. Jan Roupec, Ph.D.  
Ředitel ústavu

---

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.  
Děkan fakulty

## **ABSTRAKT**

Bakalářská práce analyzuje dostupné možnosti, metody a prostředky pro monitorování parametrů prostředí. Zaměřuje se na parametry prostředí, které mohou negativně ovlivnit přesnost výsledků technických měření. Praktická část práce se zabývá návrhem a realizací modelu, který umožňuje sledovat vybrané parametry v prostředí laboratoře A4/603. Realizovaný model zpřístupňuje aktuální i archivní naměřené hodnoty parametrů prostředí prostřednictvím webové aplikace. Naměřené hodnoty z laboratoře lze využít pro korekce výsledků technických měření, které mohou v dané místnosti probíhat.

## **ABSTRACT**

This bachelor's thesis analyzes available options, methods and resources of monitoring environmental parameters. It focuses on environmental parameters, which can affect accuracy of measurement results. Practical work deals with design and implementation of model, which allows monitor environmental parameters at laboratory A4/603. Implemented model accesses actual and historical values of environmental parameters through web applications. The measured values from laboratory can be used for correction of technical measurement results done in this room.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Parametry prostředí, teplota vzduchu, vlhkost vzduchu, barometrický tlak, monitorování, automatizované měření.

## **KEYWORDS**

Environmental parameters, air temperature, humidity, pressure, monitoring, automated measurement



## PROHLÁŠENÍ O ORIGINALITĚ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně s využitím uvedených pramenů a literatury.

V Brně dne 24.5. 2013.

.....  
Podpis

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

RICHTER, T. *Monitorování parametrů prostředí*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2013. 84 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. František Vdoleček, CSc..





## **PODĚKOVÁNÍ**

Zde bych chtěl poděkovat vedoucímu práce Ing. Františku Vdolečkovi CSc. za konzultace, cenné rady a podmínky, které přispěly k napsání a realizaci této práce.



**Obsah:**

	<b>Zadání závěrečné práce.....</b>	<b>3</b>
	<b>Abstrakt.....</b>	<b>5</b>
	<b>Prohlášení o originalitě.....</b>	<b>7</b>
	<b>Poděkování.....</b>	<b>9</b>
	<b>Úvod.....</b>	<b>13</b>
<b>1</b>	<b>Parametry prostředí.....</b>	<b>15</b>
1.1	Teplota vzduchu.....	15
1.2	Barometrický tlak.....	18
1.3	Vlhkost vzduchu.....	20
1.4	Rychlost proudění vzduchu.....	22
1.5	Fotometrické veličiny.....	23
1.6	Ionizující záření.....	23
1.7	Sluneční radiace.....	25
1.8	Hluk.....	26
1.9	Znečištění ovzduší.....	27
1.10	Další parametry prostředí.....	28
1.11	Hodnocení stavu mikroklimatu.....	29
1.12	Vliv parametrů na výsledky měření.....	30
<b>2</b>	<b>Možnosti automatizovaného měření.....</b>	<b>33</b>
2.1	Měřicí řetězec.....	33
2.2	Meteostanice.....	33
2.3	Dataloggery.....	34
2.4	Převodníky signálu.....	35
2.5	Inteligentní snímače.....	36
2.6	Monitorovací systémy.....	37
2.7	Prostředky pro sběr dat.....	38
2.8	Software měřicích systémů.....	39
<b>3</b>	<b>Návrh laboratorního modelu.....</b>	<b>41</b>
3.1	Požadavky na monitorovací systém.....	41
3.2	Schéma modelu.....	42
3.3	Prvky modelu.....	42
3.4	Ochrana a zabudování snímačů.....	45
3.5	Monitorovací program – zjednodušené schéma.....	47
<b>4</b>	<b>Realizace laboratorního modelu.....</b>	<b>49</b>
4.1	Monitorovací program.....	49
4.2	Radiační štít pro venkovní teploměr.....	52
	<b>Závěr.....</b>	<b>55</b>
	<b>Seznam použité literatury.....</b>	<b>57</b>
	<b>Seznam příloh.....</b>	<b>63</b>



## ÚVOD

Tato bakalářská práce se zabývá monitorováním parametrů prostředí. Sledované prostředí a jeho stav jsme schopni poznat a následně vyhodnotit díky měření příslušných veličin.

Za prostředí lze obecně považovat prostor, který je utvářen rozličnými živými i neživými elementy, které se mohou mezi sebou vzájemně ovlivňovat. Každé prostředí můžeme popsat pomocí parametrů. Díky tomuto popisu jsme schopni reagovat na změnu stavu prostředí dle potřeby. Vezměme si příklad z běžného každodenního života, kdy nás může zajímat teplota našeho okolí. Můžeme ji subjektivně zjistit pocitem, kdy poznáme, zda-li nám je chladno, teplo nebo je teplota okolí pro nás příjemná. Případně pro určení teploty okolí využijeme některý z objektivních prostředků. Teplotě okolí se následně přizpůsobíme volbou vhodného oblečení, nebo teplotu okolí přizpůsobíme našim potřebám pomocí topení, klimatizace, apod. Podobných přirovnání bychom jistě mohli nalézt mnoho. Znalost hodnot jednotlivých parametrů prostředí může být požadována v technické praxi, na pracovištích, v laboratorních i dalších prostředích. Znalost stavu a chování sledovaného prostředí můžeme požadovat z velmi různorodých důvodů.

V této práci se zaměříme především na prostředí laboratorní, či pracovní, kde budeme žádat znalost parametrů prostředí z hlediska jejich vlivu na pohodu člověka a především na výsledky technických měření. Pokud chceme vhodně upravit prostředí, aby se v něm člověk cítil pohodlně, je nutné změřit aktuální hodnoty parametrů prostředí a následovně je případně za pomoci vhodných nástrojů (klimatizace, topení, regulace osvětlení,...) zpětně regulovat. Obdobný případ nastává ve chvíli, kdy v daném prostoru probíhá nějaké měření. Pokud jsou požadovány přesné výsledky měření, je opět nutno znát hodnoty parametrů prostředí při probíhající měření, z důvodu následného korigování výsledků měření. Samotné parametry prostředí mohou totiž výsledky měření ovlivnit, ne-li zcela znehodnotit. Znalost parametrů prostředí je také vyžadována při využití některé specializované technologie. Zmiňme například výrobu elektroniky, polovodičových součástek, kde překročení předepsaných hodnot parametrů znamená znehodnocení celé produkce.

Práce se proto postupně zaměří na představení parametrů prostředí, na možnosti, metody a prostředky jejich měření. Dále se bude také věnovat možnostem automatizovaného měření parametrů i dlouhodobému sběru dat. Automatizované prostředky sníží potřebu přítomnosti člověka při samotném měření. Tímto se minimalizují chyby, kterých se může při klasickém měření člověk dopustit.

Cílem práce je návrh a realizace jednoduchého laboratorního modelu, který bude monitorovat prostředí laboratoře měření na UAI. Hlavním měřeným parametrem bude teplota okolí. Její znalost v laboratoři je nezbytná, jelikož okna jsou orientována na západ a přímé odpolední slunce po většinu roku výrazně zvyšuje teplotu v laboratoři. Je tedy nutné korigovat různá probíhající měření v laboratoři vzhledem k parametrům prostředí, aby byla zajištěna správnost naměřených dat. Tento návrh i následná realizace bude uskutečněna z důvodu, že v současné laboratoři jsou k dispozici pouze klasické přístroje pro sledování příslušných parametrů prostředí (teploměr, barometr). Při čtení údajů z klasických přístrojů může dojít k chybě, způsobené především lidským faktorem. Na základě navrženého měřicího systému by mělo být možné vyhodnotit parametry prostředí v laboratoři s vyšší přesností. Laboratorní model by měl umožnit každému snadný přístup k naměřeným hodnotám prostřednictvím počítače. Přílohou práce budou ukázkové naměřené hodnoty vybraných parametrů prostředí z laboratoře.

Naměřená data z laboratoře budou vyhodnocena statisticky. Statistická srovnání se běžně vyhodnocují z dat získaných za několik let. Pro potřebu této práce však budou srovnána data v řádech měsíců. Na takto zpracovaných datech lze ukázat možné vlivy na výsledky technických měření, které v laboratoři mohou probíhat. Také je možné provést srovnání naměřených dat s meteostanicemi, které se nacházejí v blízkém okruhu našeho modelu. Avšak, aby bylo srovnání s jinými meteostanicemi (v blízkém okolí) zcela správné, musely by hodnoty z našeho modelu být zcela objektivní. Tedy měření by muselo probíhat přesně dle norem stanovených podmínek.



# 1 PARAMETRY PROSTŘEDÍ

Parametry prostředí nám umožňují popisovat a vyhodnocovat stav měřeného prostředí. Prostředí můžeme obecně rozdělit na venkovní a vnitřní. Za venkovní lze považovat životní prostředí, které nás samotné obklopuje. Má vliv nejen na člověka, ale také na stav přírodních složek v něm obsažených, na zemědělství, na stavby i na technická zařízení. Velmi výrazně působí na stav mikroklimatu, tedy vnitřního prostředí, které dále ovlivňuje osoby, organismy, objekty i procesy v něm obsažené. Za mikroklima můžeme považovat například prostory obytných budov, laboratoře, sklady, ale i kabinu automobilu či letadla.<sup>[1]</sup>

Aby bylo možné provést různá vyhodnocení stavu klimatu, je nejprve nutné zjistit hodnoty příslušných parametrů. Jejich hodnoty zjistíme souhrnem přesně daných operací, kterým se říká měření.<sup>[2]</sup> Cílem této kapitoly je popsat snímače pro měření parametrů prostředí. A dále naznačit možná využití parametrů v oblastech vyhodnocení stavu mikroklimatu a v oblasti vlivu parametrů prostředí na výsledky technických měření.

## 1.1 Teplota vzduchu

S teplotou se člověk seznámí již při narození a provází ho po celý jeho život. Vnímáme ji při styku s jakýmkoli tělesem či při pobytu v každém prostředí. Teplotu vnímáme u proudění vzduchu, či jako záření, přičemž přímo ovlivňuje naše zdraví, psychickou i fyzickou kondici. Její znalost je důležitá pro zajištění tepelného komfortu člověka. Podobně, jak teplota působí na člověka, působí též na všechny stavy a procesy v přírodě. Je třeba ji znát v mnoha technických i netechnických aplikacích. Je jednou z ovlivňujících veličin, které působí na výsledky jakýchkoliv měření. Znalost teploty je důležitá při korigování výsledků měření.<sup>[2][3][4]</sup>

Teplota je základní fyzikální a termodynamická stavová veličina. Projevuje se makroskopickým tepelným pohybem molekul v látce. Je přímo úměrná střední kinetické energii pohybu molekul.<sup>[5]</sup>

Je definována na základě účinnosti Carnotova cyklu. Tento cyklus se zabývá výměnou tepla mezi dvěma tepelně odlišnými látkami, pro které platí vztah (1). Z tohoto vztahu vidíme, že účinnost tohoto cyklu je závislá pouze na teplotách látek, nikoli na použité teplotě látky.<sup>[2]</sup>

$$\eta = \frac{Q_2 - Q_1}{Q_2} = \frac{T_2 - T_1}{T_2} \quad [-] \quad (1)$$

Kde:

$\eta$  je účinnost Carnotova cyklu,

$Q_2$  je teplo odevzdané teplotní látkou z lázně s teplotou  $T_2$ ,

$Q_1$  je teplo odevzdané teplotní látkou z lázně s teplotou  $T_1$ ,

a dále platí:  $T_2 > T_1$ .<sup>[2]</sup>

Pro měření teploty Lord Kelvin definoval teplotní stupnici, jejímž stěžejním bodem je 273,16. díl této stupnice, což je trojný bod vody. Její počátek se nachází v absolutní nule. Jednotkou Kelvinovy stupnice je jeden Kelvin. V praxi se též využívají jiné teplotní stupnice. Například Celsiovu (jejíž jednotkou je jeden stupeň Celsia), nebo Fahrenheitovu stupnici (jejíž jednotkou je jeden stupeň Fahrenheit).<sup>[2]</sup>

Pro měření teploty se využívá měřicího nástroje teploměru. Využívají různých fyzikálních principů – se změnou teploty se mění fyzikální vlastnosti látek.<sup>[5]</sup> Dále si popíšeme měřidla, která jsou vhodná především na měření teploty prostředí.

### 1.1.1 Dilatační kapalinové teploměry

Měření teplot dilatačními teploměry řadíme mezi přímé metody měření, tudíž bez měření dalších funkčně závislých veličin. Hodnotu teploty lze získat na základě principu objemové

roztažnosti kapalin, plynů, nebo pevných těles. Je známo, že při stálém tlaku se mění teplota a objem dané látky.<sup>[2]</sup>

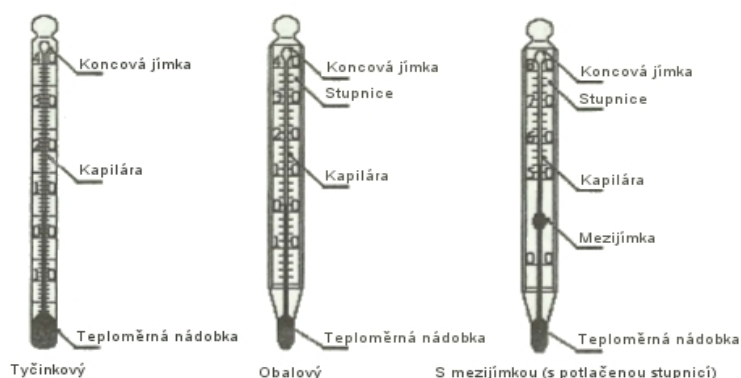
V praxi jsou často využívány dilatační kapalinové teploměry, které jsou jednoduché, spolehlivé, levné a přesné (chyba při měření bývá pouze jeden dílek příslušné stupnice). V domácnostech, v laboratořích, ale i na pracovištích je známe například jako nástěnné teploměry pro měření teploty vzduchu. Mohou však sloužit pro měření teploty různých kapalin. Nevýhodou těchto teploměrů jsou omezené možnosti při použití v signalizaci a v regulaci teploty.<sup>[6]</sup>

Základní konstrukce kapalinového teploměru je tvořena teploměrnou nádobou, kapilárou, stupnicí, koncovou jímkou a skleněným obalem. Teploměrná nádobka je naplněna vhodnou teploměrnou kapalinou, která vlivem změny teploty mění svůj objem. Kapalině je umožněno vystoupat z nádobky do kapiláry, případně až do koncové jímky. U kapiláry je vyznačená stupnice, ze které můžeme číst aktuální teplotu, které odpovídá výška sloupce kapaliny. Koncová jímka případně zachytí kapalinu při překročení měřeného rozsahu, a tím nedojde k poškození teploměru.<sup>[2]</sup>

Existuje několik typů kapalinových teploměrů (vybrané jsou na Obr. 1), které vycházejí z již zmíněné základní konstrukce, ale liší se od sebe v různých detailech. Tyto detaily přizpůsobují teploměr různým aplikacím. Zmíňme například *obalový kapalinový teploměr*, který je vhodný pro měření teploty okolí. Jeho stupnice je přichycena ke kapiláře. Tím se odlišuje od *tyčinkového teploměru*, který má stupnici vyznačenou přímo na skleněné baňce. Jinou úpravou bývá vložení mezi-jímky, kterou se dosáhne zvětšení měřeného rozsahu. Vyrábějí se též *kontaktní teploměry*. Ty lze využít při dvoupolohové regulaci.<sup>[5]</sup>

Dle druhu teploměrné kapaliny rozlišujeme různé dilatační kapalinové teploměry. Existují například rtuťové, etanolové, pentanové, či galiové a další. Velmi vhodnou teploměrnou kapalinou pro měření teploty vzduchu je rtuť. Rtuť velmi výrazně mění svůj objem vlivem teploty, dobře vede teplo, je neprůhledná. Při normálním tlaku rtuťové teploměry využíváme pro rozsahy měření od  $-39\text{ }^{\circ}\text{C}$  (teploty tání rtuťi) do  $357\text{ }^{\circ}\text{C}$  (bodu varu rtuťi).<sup>[5]</sup>

Pro měření vyšších, či nižších teplot se kapalinový teploměr opatří jinou vhodnou kapalinou. Pro nižší teploty se volí jako teploměrná kapalina například pentanovou směs (do  $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), pro dosažení vyšších teplot galium, případně cín ( $+1500\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Vyšších teplot je též možné dosáhnout zvýšením tlaku v teploměru.<sup>[2] [5]</sup>



Obr. 1: Kapalinové teploměry - vybrané typy<sup>[1]</sup>

### 1.1.2 Elektrické teploměry

Měření teplot elektrickými teploměry řadíme mezi nepřímé metody měření. Hodnotu teploty touto metodou získáváme díky závislosti některé z elektrických veličin na teplotě. Citlivý prvek mění v závislosti na teplotě například svůj odpor (odporové teploměry), termoelektrické napětí (termočlánky), rezonanční frekvenci krystalu (krystalové teploměry) a mnohé další vlastnosti. Elektrické snímače teploty najdou široké uplatnění v oblasti automatizace. Jejich elektrický výstup nám umožní je připojit k počítačovým měřicím systémům.<sup>[2]</sup>



### Odporové teploměry

Mezi časté způsoby patří měření teploty okolí za pomoci odporových (kovových, polovodičových) teploměrů. Odporové teploměry bývají přesné.<sup>[2]</sup> Odporové snímače fungují na základě závislosti elektrického odporu vodičů (polovodičů) a teploty. Pro úzký rozsah teplot (např. měření teploty okolního vzduchu od -30 °C do 60 °C) lze tuto závislost vyjádřit lineární rovnicí (2).<sup>[5]</sup>

$$R_t = R_0(1 + \alpha t) \quad (2)$$

Kde:

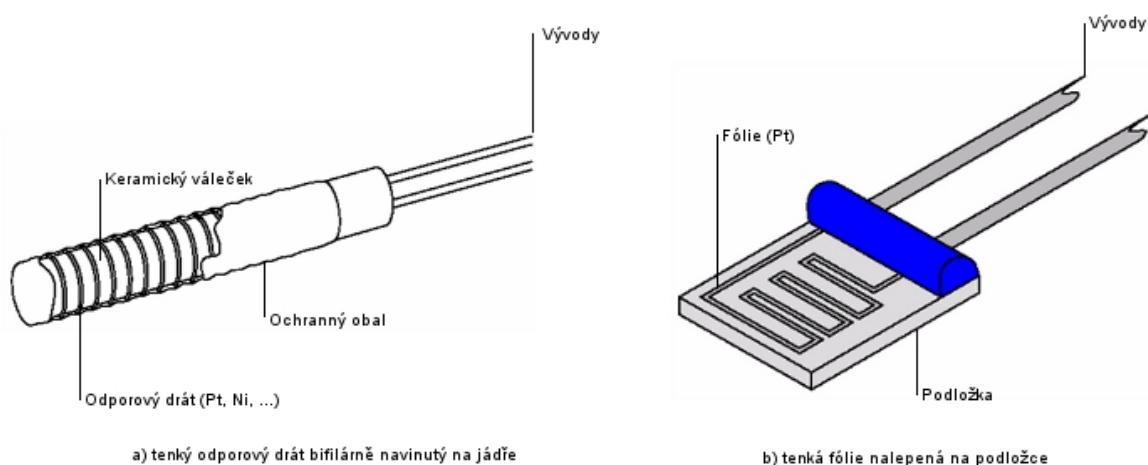
$R_t$  je elektrický odpor vodiče při měřené teplotě,  
 $R_0$  je elektrický odpor vodiče při referenční teplotě 0 °C,  
 $\alpha$  je průměrný teplotní koeficient odporu,  
 $t$  je teplota vodiče.<sup>[1]</sup>

Obecně je charakteristika závislosti elektrického odporu vodiče na teplotě nelineární. Proto se při použití širších rozsahů, či vyšších přesností musí daná závislost vyjádřit polynomy vyšších stupňů.<sup>[2][5]</sup>

*Snímače kovových odporových teploměrů* se vyrábějí z platiny nebo niklu. Mohou však k jejich výrobě být použity i kovy jako je zlato, stříbro a jiné. Vhodný materiál se zpracuje do podoby drátku, případně fólie (Obr. 2). Drátek se bifilárně namotá okolo destičky (keramické, skleněné, papírové, ...), která se následně zatavuje do ochranného obalu (ze skla, keramiky). Od odporového drátku, ven z ochranného obalu vedou příslušné vývody. Takto vyrobené snímače mají malé rozměry a díky bifilárnímu vinutí jsou odolnější vůči rušivým vlivům magnetických polí. Varianta odporového snímače teploty vyrobeného z fólie mívá obecně menší časovou konstantu a je též přesnější. Na trhu se vyskytuje mnoho dalších variant, či úprav odporových snímačů teploty. Tyto varianty jsou uzpůsobeny různým druhům aplikací. Může se jednat například o měřicí sondy, které lze využít pro měření teploty proudící tekutiny, sypkých materiálů, ...<sup>[2]</sup>

Standardní značení kovových odporových teploměrů je následující: Pt 100, kde Pt je chemická značka materiálu citlivé části snímače. Číselný údaj 100 signalizuje, že platinový drátek má při teplotě 0 °C hodnotu odporu rovnu 100 Ω.<sup>[2]</sup>

Výhodou kovových odporových teploměrů je jejich stabilita, přesnost a časová stálost. Jsou schopny měřit rozsahy od -200 °C do 961,78 °C. Při měření teplot od -100 °C do 100 °C se jejich chybovost pohybuje nejvýše ±0,8 °C.<sup>[2][5]</sup>



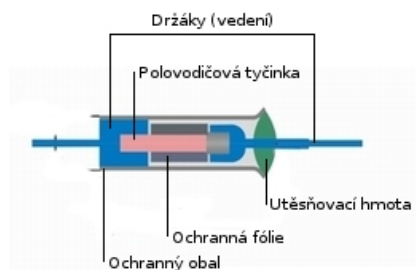
Obr. 2: Odporový kovový teploměr<sup>[2][7]</sup>

Další variantou odporových teploměrů jsou *odporové polovodičové teploměry*. Rozeznáváme dva druhy těchto teploměrů: negastory (NTC) a pozistory (PTC). U PTC s rostoucí teplotou roste jejich elektrický odpor, u NTC naopak s rostoucí teplotou klesá jejich elektrický odpor. NTC se vyrábí práškovou metalurgií ze směsi oxidů niklu, kobaltu, manganu, titanu, mědi, železa a dalších. PTC jsou vyráběny například z  $\text{BaTiO}_3$ . Nevýhodou je oproti kovovým odporovým snímačům menší časová stálost. Polovodičové teploměry mohou časem stárnout a tím měnit své vlastnosti.<sup>[2] [5]</sup>

V porovnání s kovovými odporovými snímači mají polovodičové snímače vyšší teplotní součinitel a malou setrvačnost. Teplotní součinitel zajistí vyšší teplotní citlivost, umožní rozlišit i malé změny teplot.<sup>[2]</sup>

S vysokou citlivostí se ztrácí linearita. Rovnice závislosti elektrického odporu na teplotě jsou exponenciální. Tvary příslušných rovnic lze najít v odborné literatuře. Pro velmi malý rozsah teplot lze dané rovnice linearizovat.<sup>[2]</sup>

Pozistory se vzhledem k jejich velmi nelineární charakteristice využívají například v signalizaci při překročení nastavené teploty. Širší využití v praxi pro měření teploty mají negastory (též nazývané termistory). Využívají u rozsahu teplot od  $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$  do  $250\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Pro měření teploty okolí je vhodný tyčinkový termistor (Obr. 3).<sup>[2]</sup>



Obr. 3: Tyčinkový termistor<sup>[2] [8]</sup>

## 1.2 Barometrický tlak

Tlak je definován poměrem elementární síly  $dF$  působící ve směru normály na plochu  $dS$ . Značí se písmenem  $p$  a vyjadřuje se v jednotkách Pa (Pascal). Dle Pascalova zákona působí tlak ve všech bodech a směrech stejnou velikostí. Je to skalární veličina.<sup>[2]</sup>

Barometrický (atmosférický) tlak je dle Daltonova zákona dán součtem parciálních tlaků jeho plynných složek (suchého vzduchu) a vodní páry. Síla působící na jednotku plochy je vyvolána tíhou vzduchového sloupce, který se nachází nad měřeným místem. Jeho velikost neustále kolísá (je to dáno povětrnostními podmínkami). K měření barometrického tlaku je používán barometr. Atmosférický tlak závisí na místě jeho měření, na okolní teplotě a na konstrukci přístroje, který je určen na jeho stanovení – barometr.<sup>[2] [6]</sup>

Hodnota lokálního barometrického tlaku se standardně přepočítává na normální barometrický tlak následovně: přepočtem měřeného tlaku z teploty měření na teplotu  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , na hodnotu tlaku při hladině moře a na místo  $45^{\circ}$  severní zeměpisné šířky. Při použití kapalinového barometru je navíc nutné provést korekci kapilárních vlastností tlakoměrné kapaliny.<sup>[2]</sup>

Pro měření barometrického tlaku máme k dispozici přímé i nepřímé metody měření. Mezi přímé metody patří měření tlaku kapalinovými barometry nebo barometry obsahující elektricky aktivní těleso. Mezi nepřímé metody patří měření tlaku deformačními barometry.<sup>[2]</sup>

### 1.2.1 Kapalinové barometry

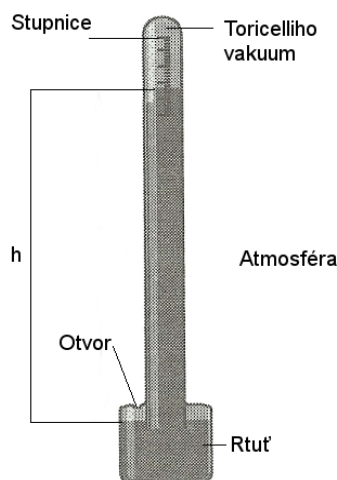
Kapalinový tlakoměr lze použít jako přesný barometr. Jako tlakoměrná kapalina se u nich používá výhradně rtuť. Při měření využívají definiční rovnici (3). Existuje několik konstrukcí kapalinových barometrů: Gay-Lussacův, Fortinův, normální a staniční. Nejpoužívanější kapalinový barometr v praxi je znázorněn na obrázku (Obr. 4) - staniční barometr. Se zvyšujícím atmosférickým tlakem klesá hladina kapaliny v nádobce a zároveň dojde ke zvýšení hladiny v trubičce. Hodnotu

lokálního atmosférického tlaku odečítáme na stupnici.<sup>[2]</sup>

$$\Delta p = p_1 - p_2 = \rho g h \quad (3)$$

Kde:

$\Delta p$  [Pa] je tlakoměrná diference,  
 $p_1$  je vyšší a  $p_2$  je nižší z obou srovnávaných tlaků,  
 $\rho$  je hustota tlakoměrné kapaliny,  
 $h$  je rozdíl výšek hladin.<sup>[2]</sup>



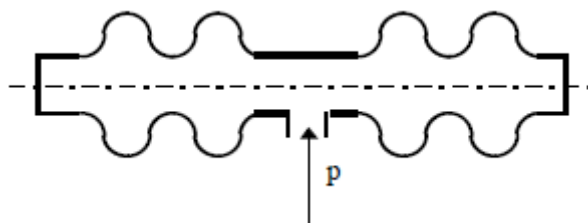
Obr. 4: Staniční barometr

### 1.2.2 Deformační barometry

Deformační barometry využívají pro měření tlaku změnu tvaru geometrického deformačního členu (membrána, krabice, ...). Členy se deformují v oblasti pružné deformace. Tlak je převáděn na mechanické napětí, které způsobuje výchylku. Tato výchylka se mechanicky přenáší na stupnici, nebo se zaznamenává pomocí elektrických snímačů polohy, či deformace. Výchylka zaznamenaná elektrickými snímači polohy, deformace bývá dále převáděna na výstupní napěťový, nebo proudový signál.<sup>[2]</sup>

#### Krabicový tlakoměr

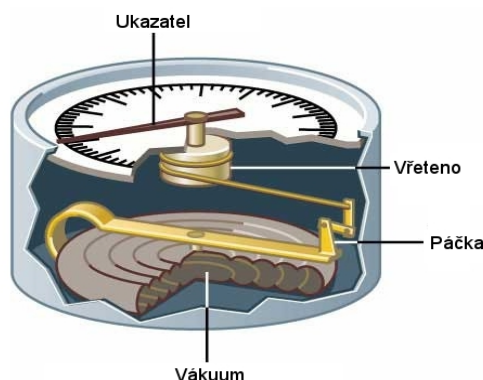
Krabicový tlakoměr je znázorněn na obrázku (Obr. 5). Krabicový tlakoměr tvoří dvě zvlněné membrány, které vytvářejí uzavřený prostor. Tlak vyvolává pružnou deformaci obou membrán. Pohyb horního čela je přenášen na ukazatel. Měřený tlak se přivádí dovnitř tlakoměrné skřínky, nebo může působit vně tlakoměrné skřínky. Citlivost krabicových tlakoměrů se zvyšuje zařazením několika tlakoměrných skříněk do série. Citlivost se v případě zapojení krabic do série zvýší v důsledku větší deformace. Tím je také zajištěna vyšší přesnost měření.<sup>[2][6]</sup>



Obr. 5: Krabicový tlakoměr<sup>[9]</sup>

### Aneroid

K měření barometrického tlaku (případně i absolutního) se používá aneroidní uspořádání (Obr.6), které spočívá ve vyčerpání vzduchu z uzavřené krabice, čímž je v ní téměř dosaženo absolutní vakuum. Měřený tlak působí vně krabice. Při měření barometrického tlaku se aneroid doplní bimetalovou teplotní kompenzací.<sup>[9]</sup>



Obr. 6: Aneroid<sup>[10]</sup>

### 1.2.3 Barometry s elektrickým výstupem

Barometry s elektrickým výstupem lze rozdělit do dvou kategorií: na snímače s deformačním členem a snímače s elektricky aktivním tělesem. Snímače s deformačním členem byly zmíněny v předchozí podkapitole. Snímače s elektricky aktivním tělesem mění změnou tlaku své elektrické vlastnosti a neobsahují deformační člen. Existují například piezoelektrické, kapacitní, odporové snímače a jiné, které jsou citlivé na změny tlaku. Jejich výhodou jsou malé rozměry, velká citlivost a přesnost.<sup>[2]</sup>

## 1.3 Vlhkost vzduchu

Je jednou z vlastností vzduchu. Může se však jednat o vlastnost jakéhokoli plynu, nebo vlastnost sypkých a pórovitých materiálů. Tento klimatický parametr má vliv na pohodu a zdraví člověka. Také ovlivňuje řadu elektrických zařízení. U řady běžných elektronických zařízení bývá většinou doporučeno, abychom je neprovozovali v prostředí s vysokou vlhkostí. V prostředí s vysokou vlhkostí může dojít k jejich nesprávnému fungování, případně až poškození. Kombinace vysoké vlhkosti a elektrického zařízení může vést až k újmě na zdraví přítomného člověka. Zařízení sloužící k měření vlhkosti se nazývá vlhkoměr. Jeho cílem je určit množství  $H_2O$  ve vzduchu.<sup>[6] [10] [11]</sup>

Absolutní vlhkost plynu  $\phi'$  (4) je dána podílem hmotnosti vodní páry v objemové jednotce. Maximální množství vodní páry ve vzduchu (nasycený plyn)  $\phi''$  závisí na teplotě.<sup>[6]</sup>

$$\phi' = m/V \quad (4)$$

Kde:

$\phi'$  [kg/m<sup>3</sup>] je absolutní vlhkost,  
 $m$  [kg] je hmotnost vodní páry,  
 $V$  [m<sup>3</sup>] je objem vlhkého plynu.<sup>[6]</sup>

Relativní vlhkost plynu  $\phi$  (5) je dána podílem absolutní vlhkosti plynu a vlhkosti nasyceného plynu. Též může být  $\phi$  (6) rovna poměru parciálního tlaku vodní páry k parciálnímu tlaku syté páry.<sup>[6]</sup>

$$\phi = \phi' / \phi'' \quad (5)$$

$$\phi = \frac{p'}{p''} \cdot 100 \quad (6)$$

Kde:

$\phi$  [%] je relativní vlhkost vzduchu,

$\phi'$  [kg/m<sup>3</sup>] je absolutní vlhkost,

$\phi''$  [kg/m<sup>3</sup>] je maximální množství vodné páry ve vzduchu,

$p'$  [Pa] je parciální tlak vodní páry,

$p''$  [Pa] je parciální tlak syté páry.<sup>[6]</sup>

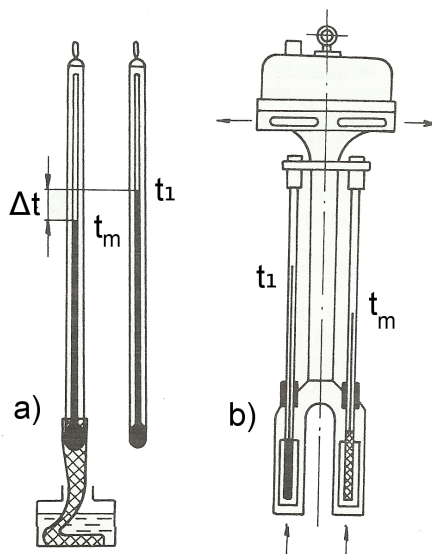
### 1.1.1 Psychrometry

Psychrometr slouží k měření relativní vlhkosti. Sestává se ze suchého a mokrého teploměru, které jsou vkládány blízko sebe do měřeného prostředí. Suchý teploměr měří teplotu okolního vzduchu  $t$ . Mokrý teploměr má navíc obalenou teploměrnou část vlhkou tkaninou. Odpařování vody z mokrého teploměru z něho odebírá potřebné výparné teplo, čímž teplota mokrého teploměru klesne na teplotu  $t_m < t$ . Psychrometrický rozdíl ( $t_l - t_m$ ) je přímo úměrný nedosycenosti plynu.<sup>[6]</sup>

V zásadě existují dvě konstrukce psychrometrů (Obr. 7) – psychrometr uměle větraný a nevětraný. U obou se teploměrná čidla kryjí proti ztrátám tepla sáláním. Uměle větraný psychrometr bývá doplněn ventilátorem k zajištění stálého proudění vzduchu kolem mokrého a suchého teploměru. Přesnost větraného psychrometru bývá lepší než 1,5%. Nevětraný typ mívá chybovost až 20%.<sup>[5][6]</sup>

Psychrometry se používají při teplotách nad 0 °C a pro vlhkosti do 90%. Nevýhodou psychrometru je nasycování měřeného prostoru vlhkostí z mokrého teploměru, proto není vhodný pro použití v malých uzavřených prostorách.<sup>[6][5]</sup>

Pro určení relativní vlhkosti plynu se setavují psychrometrické tabulky, ze kterých jsme schopni přímo odečíst relativní vlhkost (na základě rozdílu suché a mokré teploty).<sup>[6]</sup>



Obr. 7: Psychrometry: a) nevětraný, b) uměle větraný<sup>[6]</sup>

### 1.1.2 Hygrometry

Hygrometry využívají schopnosti některých látek udržovat svoji vlhkost s vlhkostí okolního plynu. Změna prodloužení odmaštěného lidského vlasu a nebo změny vodivosti tuhého, či kapalného elektrolytu se v praxi používá pro měření vlhkosti.<sup>[6]</sup>

#### Vlasový hygrometr

Využívá svazku lidských vlasů, který se při změně vlhkosti okolního plynu o 100 % prodlouží 2,5 % své délky. Závislost relativního prodloužení vlasu uvádí vztah (7).<sup>[6]</sup>

$$\lambda = k \cdot T_1 \cdot \log \phi \quad (7)$$

Kde:

$\lambda$  je prodloužení vlasu,

$k$  je konstanta závislá na konstrukci hygrometru.<sup>[6]</sup>

Vlasové hygrometry je nutné pravidelně kalibrovat, neboli provést regeneraci vlasu. Ta spočívá v uložení vlasu na 2 hodiny do prostředí se 100 % relativní vlhkostí. Po regeneraci se nastaví ukazatel hygrometru na 100 %.<sup>[5] [6]</sup>

Přesnost vlasových hygrometrů je asi 3 %. Pokud je vlasový hygrometr umístěn venku, dochází pravidelně každou noc k jejich regeneraci, kdy dochází ke 100 % vlhkosti. Využití mohou najít v meteorologii, avšak tento typ hygrometrů je vytlačován hygrometry elektrolytickými.<sup>[5] [6]</sup>

### Elektrolytický hygrometr

Může se jednat o hygrometr s tuhým oxidem hlinitým ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Skládá se z eloxované hliníkové destičkové elektrody s napařenou vrstvou  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Další částí je druhá elektroda s pozlacenou napařenou tenkou vrstvou. Mění se elektrický odpor snímače v závislosti na parciálním tlaku vodní páry v měřeném prostředí.<sup>[6]</sup>

### 1.1.3 Kondenzační vlhkoměry

Slouží k měření absolutní i relativní vlhkosti. Do této kategorie řadíme rosné vlhkoměry. Ty využívají možnosti určení rosné teploty plynu (teplota, při které je plyn vodní parou nasycen). Měřicí člen tohoto rosného vlhkoměru je ochlazovaná destička, na které se zjišťuje orosení při dosažení rosného bodu. Konstrukce těchto vlhkoměrů se liší dle způsobu ochlazování destičky, způsobu zjišťování okamžiku dosažení rosného bodu, způsobu měření teploty rosného bodu. Destičku je možno ochladit kompresorově, termoelektricky, éterově. Okamžik dosažení rosného bodu se zjišťuje za pomoci fotočlánku, nebo elektrody. Teplota rosného bodu se zjistí například termoelektrickým článkem, či termistorem.<sup>[6]</sup>

Výhodou těchto vlhkoměrů je, že nenasyčují měřený prostor vlhkostí a mají velký měřicí rozsah teploty i vlhkosti.<sup>[6]</sup>

## 1.4 Rychlost proudění vzduchu

Rychlost je fyzikální veličina daná poměrem dráhy a času potřebného k jejímu dosažení v prostoru. Jako parametr prostředí je významná lokální velikost rychlosti, případně též její směr.<sup>[1]</sup>

Pro stanovení rychlosti proudění vzduchu slouží měřidla zvané anemometry. Fungují například díky silovému působení proudu vzduchu, nebo díky vlivu ochlazování čidla proudícím vzduchem.<sup>[5]</sup>

### 1.4.1 Miskový anemometr

Jedná se o mechanický anemometr využívaný především v meteorologických stanicích. Pomocí miskového anemometru určujeme rychlost větru od 1 do 50 m/s. Na obrázku (Obr. 8) můžeme vidět jeho obvyklou konstrukci. Skládá se z oběžného kola, doplněného dutými miskami ve tvaru polokoulí. Síla proudícího vzduchu se opře do misek, vytvoří se moment na jednotlivých ramenech a tím se roztočí kolo anemometru. Rychlost větru určujeme z otáček anemometru, které můžeme snímat



Obr. 8: Miskový anemometr<sup>[13]</sup>

například tachodynamem. Tachodynamo má elektrický výstup, který dále můžeme předávat do elektronického vyhodnocovacího systému. Obvykle se jedná o přesnou metodu měření rychlosti vzduchu, kde chyba měření nepřekračuje 1 %.<sup>[2][5]</sup>

### 1.4.2 Termoanemometry

Pro měření rychlosti proudění vzduchu v místnostech je možné využít přístroje zvané termoanemometry. Slouží pro měření rychlosti proudění vzduchu od 0,01 do 300 m/s.<sup>[1][2]</sup>

Citlivá část termoanemometru může být tvořena drátkem, kuličkou, nebo fólií, které jsou vyrobené z vhodného materiálu (platina, nikl, wolfram). Citlivá část mění vlivem proudění vzduchu svoji teplotu – ochlazuje se. Tohoto faktu využívají dvě různé metody měření.<sup>[1][2]</sup>

Buď snímací část napájíme konstantním proudem a měříme na ni odpor, který se mění v závislosti na ochlazování snímací části (metoda konstantního žhavicího proudu). Nebo udržujeme na snímací části konstantní odpor proměnlivým napájecím proudem (metoda konstantní teploty povrchu snímače). Vzhledem k elektronickému výstupu snímače, lze provést vyhodnocení naměřených údajů za pomoci elektronických zařízení.<sup>[2][5]</sup>

Funkční závislost proudu na rychlosti proudícího vzduchu se stanovuje kalibrováním jednotlivých čidel.<sup>[5]</sup>

## 1.5 Fotometrické veličiny

Fotometrické veličiny popisují světlo, které je vnímatelné lidským okem. Jedná se o elektromagnetické záření, které má velmi výrazný vliv jak na zdraví, pohodu člověka, tak i na veškeré živé organismy. U vidomého člověka světlo zprostředkovává převážnou většinu vjemů z okolí, proto se snažíme přizpůsobit světelné podmínky našeho prostředí, aby nám vyhovovaly.<sup>[5][113]</sup> Abychom mohli prostředí vhodně přizpůsobit, je nejdříve nutné stanovit hodnoty základních fotometrických veličin.

*Svítivost zdroje* se řadí mezi základní fotometrické veličiny. Je vyjadřována v jednotkách cd (kandela), jejíž definice je následující: „Kandela [cd] vyjadřuje svítivost povrchu absolutně černého tělesa v kolmém směru k povrchu, jehož velikost je  $1/600000 \text{ m}^2$ , a to při teplotě tuhnutí platiny 2042 K a při tlaku  $101225 \text{ Pa}$ “.<sup>[5]</sup>

$$I_v = \frac{d\phi_v}{d\omega} \quad (8)$$

Kde:

$I_v$  [cd] je svítivost zdroje,  
 $\Phi_v$  [lm] je světelný tok,  
 $\omega$  [sr] je prostorový úhel.<sup>[5]</sup>

Název jednotky kandela lze do českého jazyka přeložit jako svíčka. Důvodem volby tohoto slova byl fakt, že 1 cd odpovídá právě svítivosti jedné svíčky. Svítivost zdroje, jako jedna ze základních jednotek SI, slouží k odvození dalších jednotek. Její odvozeninou je například *světelný tok* – jednotka lumen (lm), *osvětlení* (lux), *jas*.<sup>[5]</sup>

Přístroje pro měření světelných veličin se nazývají fotometry, případně luxmetry. Jedná se o elektronická zařízení, které obsahují vhodné detektory citlivé na světlo. Tyto detektory rozdělujeme na selektivní a neselektivní. U selektivních detektorů je citlivost na energii záření závislá na vlnové délce světla. Jsou to například fotoodpory, fotodiody, fototranzistory. Do této kategorie je možné zařadit lidské oko. Selektivní detektory nejsou citlivé na vlnovou délku vyzařovaného světla (bolometry, termočlánky, ...).<sup>[5]</sup>

## 1.6 Ionizující záření

V prostředí se objevuje ionizační záření, což je elektromagnetické záření s kratšími vlnovými délkami. Jedná se například o alfa, beta, gama, ultrafialové, či rentgenové záření. Působí na živé organismy, ale také na všechny neživé látky. U organických látek může záření způsobit různé mutace



buněk, případně může vyvolat až jejich smrt. U neživých látek dochází vlivem různých druhů záření až k přeměně chemické podstaty ovlivněné látky. Z jiného pohledu nám mohou být tato záření velice užitečná, ionizující záření se využívá v průmyslu (v jaderných elektrárnách, ve speciálních provozech) a v lékařství kde je ionizující záření principem různých přístrojů.<sup>[5][14]</sup>

Dále se v této podkapitole zaměříme na dozimetrické veličiny a jejich měření. Základní dozimetrickou veličinou, která popisuje radioaktivní ionizující záření je aktivita, nese značku  $A$  a jednotku 1 Bg (jeden becquerel). Jeden becquerel vyjadřuje jednu přeměnu za sekundu. Zmíňme si významné pojmy patřící k dozimetrickým veličinám.<sup>[5]</sup>

$$a = \frac{A}{m}, a_v = \frac{A}{V}, a_s = \frac{A}{S} \quad (9)$$

Kde:

$A$  [Bg] je aktivita,  
 $a$  [Bg/kg] je měrná aktivita,  
 $a_v$  [Bq/m<sup>3</sup>] je objemová aktivita,  
 $a_s$  [Bq/m<sup>2</sup>] je plošná aktivita.<sup>[5]</sup>

$$D = \frac{dE}{dm} \quad (10)$$

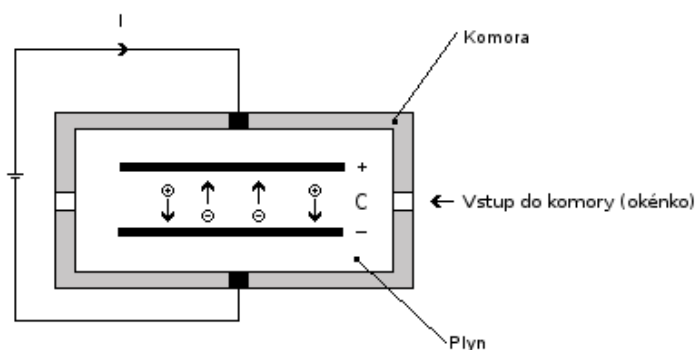
Kde:

$D$  [Gy] je dávka (jednotka gray),  
 $E$  [J] je energie dodaná do ozáření látky,  
 $m$  [kg] je hmotnost ozáření látky.<sup>[5]</sup>

Měření ionizujícího záření provádíme pomocí přístrojů, které se skládají z několika částí – detektoru ionizujícího záření, zařízení k přeměně elektrických signálů a registračního zařízení. Existují dvě metody měření ionizujícího záření. První je metoda kontinuální, která měří okamžité stavy záření. Druhá metoda, integrální, nashromáďuje měřenou veličinu po celou dobu měření.<sup>[5][14]</sup> Přístroje na měření dozimetrických veličin lze rozdělit do několika skupin: na elektrické, scintilační a samostatné.<sup>[14]</sup>

### Elektrické detektory

Využívají závislosti změn elektrických vlastností látek vlivem ionizujícího záření. Jedná se například o ionizační komory, Geigerovy-Mullerovy počítače, polovodičové a krystalové detektory. Ionizační komory řadí se k jednodušším detektorům, slouží především k měření záření  $\alpha$ . Schéma komory je znázorněno na Obr. 9. V komoře se nacházejí elektrody (deskové, válcové), které jsou pod napětím (100 a více V). Komory bývají vyplněné při atmosférickém, případně mírně zvýšeném tlaku plynem. Plnění komory vyšším tlakem se používá u komor, které budou sloužit pro měření

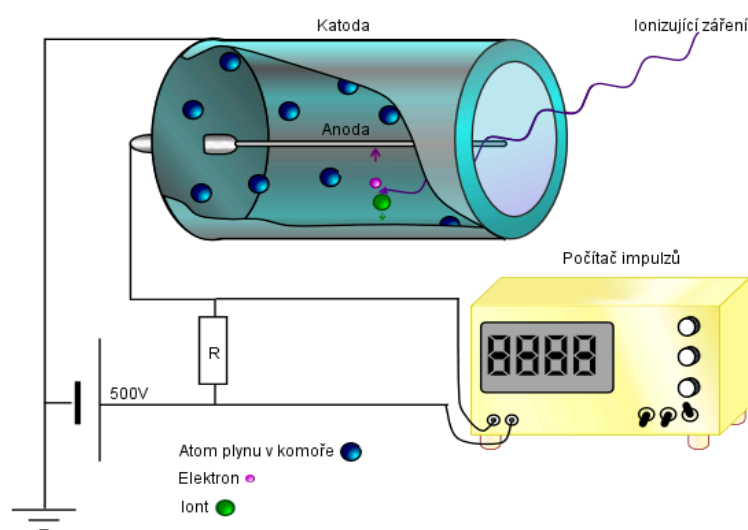


Obr. 9: Ionizační komora<sup>[1]</sup>



pronikavějšího záření. Princip měření je následující: Okénkem vletí do komory radioaktivní částice. Ta způsobí v prostoru komory ionizaci a tím vznik kladných a záporných iontů. Tyto ionty se dostávají k příslušným elektrodám a tím způsobují vznik elektrického proudu  $I$ . Tímto způsobem je převedeno měření ionizujícího záření na měření elektrických veličin. Obvod v ionizační komoře může být připojen ke zdroji napětí, potom bude komora fungovat jako kontinuální detektor. V opačném případě, tedy kdy obvod v komoře nebude připojen ke zdroji napětí a zároveň budeme pozorovat změnu napětí s časem, zachová se komora jako integrální detektor.<sup>[5]</sup>

Pro měření pronikavých i méně pronikavých záření je vhodný Geiger-Mullerův počítač (Obr. 10). Využívají se pro měření záření alfa, beta, rentgenového i gama záření. Pro jednotlivé druhy záření musí být přístroj vhodně konstrukčně přizpůsoben. Výhodné bývá také využití polovodičových detektorů, jejichž výhodou jsou především malé rozměry. Tyto přístroje se zakládají na křemíkových diodách, které při průchodu nabitě částice změni svůj potenciál. Tuto změnu jsme schopni za pomoci vhodné elektroniky vyhodnotit.<sup>[5]</sup>



Obr. 10: Geiger-Mullerův počítač<sup>[17]</sup>

### Scintilační detektor

Je složen z luminiscenční látky.<sup>[5]</sup> Scintilátor může být vyroben z anorganických látek (ZnS, NaI, LiI), z látek organických (naftalen), z kapalného roztoku (benzenu) a dalších látek.<sup>[15]</sup> Pokud luminiscenční látkou projdou nabitě částice, dojde při jejich průchodu detektorem k světelným zábleskům (scintilacím). Rozlišovací schopnost scintilátorů je poměrně vysoká, což je dáno samotným principem – proces scintilace je rychlý. Tyto detektory se využívají pro měření méně pronikavých záření – záření beta, rentgenovo.<sup>[5]</sup>

### Samostatné detektory

Ve speciálních pracovních prostorách (jaderných elektrárnách, ...) se využívají osobní dozimetry. Ty slouží především jako ochranné pomůcky pro osoby, které se ve speciálním provozu pohybují. Bývají malých rozměrů, může je tedy každá osoba mít u sebe. Existuje několik principů, na který osobní dozimetry fungují – např. tužkový (ionizační komora), filmový dozimetr (destička s látkou citlivou na vybraný druh záření).<sup>[5]</sup>

## 1.7 Sluneční radiace

Sluneční radiace je energie vyzařovaná Sluncem. Intenzita sluneční radiace po průchodu zemskou atmosférou klesá a na Zem proniká pouze její část.<sup>[1]</sup> Absorpcí sluneční radiace dochází k zahřívání vzduchu v atmosféře a jako dlouhovlnné tepelné sálání působí na zemský povrch. Další díly sluneční radiace se spotřebovávají k vypařování vody, proudění vzduchu i na dlouhovlnné tepelné

sálání mimo Zemi.<sup>[1]</sup>

K měření intenzity sluneční radiace slouží přístroj pyranometr. Přístroj udává intenzitu sluneční radiace, která dopadne na rovinný povrch ( $\text{W}/\text{m}^2$ ).<sup>[18]</sup> Pyranometr na globální měření intezity sluneční radiace je znázorněn na obrázku (Obr. 11). Tento pyranometr měří rozdíl teplot na černém a bílém povrchu (výhodné je měření rozdílu teplot za pomoci termočlánku). Rozdíl teplot na bílém a černém povrchu je přímo úměrný slunečnímu záření.<sup>[19]</sup>

Pro měření přímého slunečního záření se využívají speciálně upravené pyranometry. Jsou opatřeny stíněním proti nepřímému slunenčnímu záření a zároveň obsahují pohyblivý mechanismus, který umožňuje sledovat slunce na obloze.<sup>[19]</sup>



Obr. 11: Pyranometr určený pro měření globální sluneční radiace.<sup>[33]</sup>

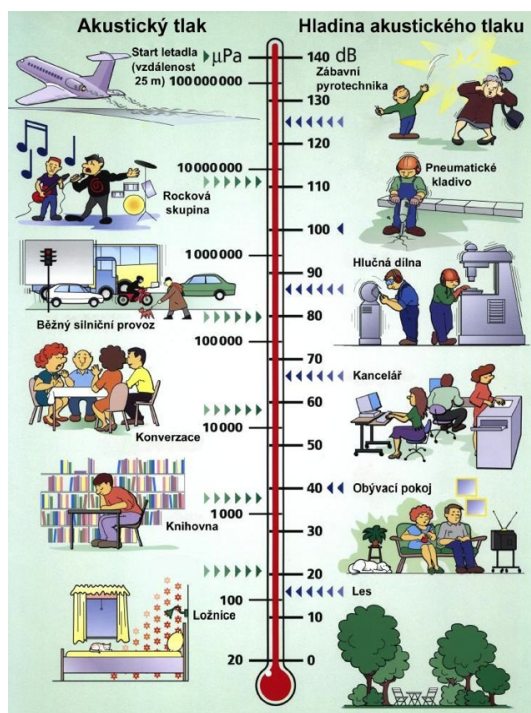
## 1.8 Hluk

Je nezanedbatelný parametr prostředí, který negativně působí na zdraví člověka. Hluk lze popsat jako nežádoucí zvuk vyvolávající v člověku nepříjemný nebo rušivý vjem. Hluk může zapříčinit poškození sluchových orgánů, ovlivňuje naši psychiku – zvyšuje naši únavu, nervozitu a snižuje naši soustředěnost. Šíření zvuku je možné díky látkovému prostředí (např. atmosféře, vodě, ...), kde se může šířit mechanické vlnění, které je zdrojem sluchového vjemu. Člověk dokáže sluchem vnímat mechanické vlnění o frekvenci mezi 16 Hz až 20 000 Hz.<sup>[21]</sup> Hluk je zvuk, který je vyvolán rychlými změnami tlaku v prostředí. Základní veličiny zvuku jsou akustický tlak  $p$  [Pa], akustický výkon  $P$  [W] a intenzita zvuku  $I$  [ $\text{W}/\text{m}^2$ ]. Pro hodnocení akustických veličin se používají hladiny akustických veličin (jednotka jeden decibel).<sup>[5]</sup> Příklady zdrojů akustického tlaku jsou znázorněny na Obr. 13.

Existují dvě různé metody pro měření zvuku – měření hluku strojů a měření hluku v místech pobytu osob. Pro měření hluku se používají měřidla zvaná zvukoměry, které měří hladinu akustického tlaku v decibelech. Citlivým prvkem zvukoměrů je mikrofon. Zvukoměry obvykle obsahují zesilovací obvody, filtry, přepínače rozsahů a zdroj proudu. Jejich výstup může být jak digitální, tak analogový.<sup>[5]</sup> Například „Inteligentní monitorovací stanice hluku 01dB DUO“ (Obr. 12). Jedná se o profesionální autonomní stanici, která umožňuje měřit rozsah od 20 do 137 dB. Naměřené hodnoty ukládá na SD kartu. Výhodou je možnost vzdáleného přístupu k zařízení přes technologie WI-FI, 3G, LAN, USB. Stanice disponuje velmi rozsáhlými možnostmi měření hladin zvuku.<sup>[23]</sup>



Obr. 12: Inteligentní monitorovací stanice hluku 01dB DUO<sup>[23]</sup>

Obr. 13: Zdroje akustického tlaku - přirovnání<sup>[22]</sup>

## 1.9 Znečištění ovzduší

Významně působí na zdravotní stav člověka, živých organismů, ale také ovlivňuje technická zařízení i další procesy, které se v prostředí vyskytují. Vlivem znečištění ovzduší může dojít až k poškození zdraví člověka, nebo může být ovlivněn chod technologických zařízení. Vysoké nároky na prostředí, z hlediska čistoty, jsou kladeny například na operačních sálech, u chemických a potravinářských provozů, při výrobě elektrotechniky a dalších.<sup>[5]</sup>

Při měření stavu ovzduší můžeme měřit znečištění ovzduší (imise) nebo zdroje znečišťování ovzduší (emise). Pro vyhodnocení stavu znečištění ovzduší slouží měření *prašnosti*. Měření prašnosti stanovuje hmotnost nebo množství částic prachu, které se v prostředí vyskytují. Existuje mnoho principů, které umožňují určit množství prachu v ovzduší: váhové, manometrické, impulzní, oscilační, mikroskopické, elektrické, fotometrické a radiometrické, spektrometrické a optické. Některé principy můžeme zařadit mezi přímé metody měření – např. váhový princip. Existují také nepřímé metody měření, kdy prašnost určujeme na základě různých jevů (například měření elektrostatického náboje částic).<sup>[5]</sup>

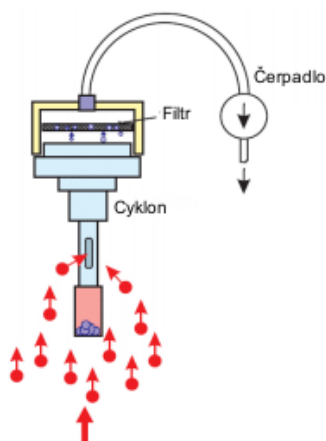
### Váhová metoda

Je metoda obvykle využívaná především pro kalibraci jiných prachometrů (přístrojů pro měření prašnosti). Váhová metoda (Obr. 14) se nepoužívá pro průběžná měření prašnosti. Důvodem je, že prachometry založené na váhové metodě nám poskytují pouze bilanční informaci o koncentraci prachu v ovzduší za určitý časový úsek. Nejsou schopny nám poskytnout informaci o koncentraci látek ve vybraných časech. Důvodem je samotný princip váhové metody. Ten spočívá ve změření hmotnosti vhodného filtru před a po měření. Pak je možné vztahem (11) vypočítat celkovou hmotnostní koncentraci prachu.<sup>[24]</sup>

$$M_c = \frac{m_{po} - m_{před}}{Q_v \cdot t} \quad (11)$$

Kde

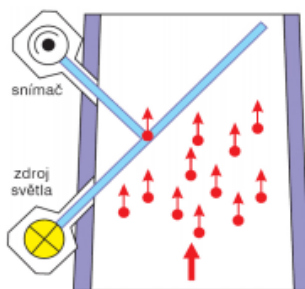
$M_C$  je celková hmotnostní koncentrace prachu,  
 $m_{po}$  hmotnost filtru po odběru,  
 $m_{před}$  hmotnost filtru před odběrem,  
 $Q_V$  je objemový průtok vzduchu při odběru vzorku  
 $t$  je čas odběru vzorku.<sup>[24]</sup>



Obr. 14: Váhová metoda měření prašnosti <sup>[24]</sup>

### Optická metoda

Využívaná metoda v praxi je optická metoda měření prašnosti (Obr. 15), která měří koncentraci prachu v ovzduší na základě rozptylu světla. Prachometry založené na této metodě obsahují zdroj světla (LED, laser), který vysílá paprsek světla. Dalším prvkem tohoto prachometru je citlivý snímač, který zachytává rozptyl světla, který způsobují částice prachu. Koncentrace prachu v ovzduší se určuje porovnáním vyzařeného a rozptýleného světla.<sup>[24]</sup>



Obr. 15: Optická metoda měření prašnosti <sup>[24]</sup>

K hodnocení stavu prostředí se také využívá *měření prašného spadu* (sedimentační metoda), či *měření velikosti částic* (pomocí mikroskopie nebo speciálních optických přístrojů).<sup>[5]</sup>

Důležité je zmínit *analýzátory plyných škodlivin*, které identifikují nebo určují množství plyných škodlivin ve vzduchu. Rozlišujeme chemické a fyzikální analyzátory.<sup>[5]</sup>

Chemické analyzátory určují složení plynů přímo, díky vhodným chemickým reakcím. Mezi chemické analyzátory řadíme detekční trubice a Orsatův přístroj.<sup>[5]</sup>

Fyzikální analyzátory nepřímo měří složení plynů, měřením vybraných fyzikálních vlastností. Měří například tepelnou vodivost plynu, odpor při průtoku kapilárou, paramagnetické vlastnosti, či absorpci světla. Existují také různé polovodičové a elektrochemické analyzátory plynů.<sup>[5]</sup>

### 1.10 Další parametry prostředí

Vnitřní i venkovní prostředí obsahuje řadu dalších parametrů. Připomeňme například

nejrůznější *magnetická, elektrická a elektromagnetická pole*, která se v prostředí vyskytují už od pradávna. Zdrojem elektromagnetického pole jsou živé organismy i neživé látky, ale s rozvojem techniky jsou to především pole, která vznikají od elektrotechniky a elektrických rozvodů. Účinky těchto polí na člověka jsou v popředí zájmu některých výzkumů.<sup>[25]</sup> Obor, který se zabývá elektromagnetickým působením na různé systémy, včetně lidského organismu se nazývá elektromagnetická kompatibilita EMC. Účinky elektromagnetických polí jsou závažnější, protože je obvykle člověk nevnímá. Technika která je zároveň zdrojem i přijímačem elektromagnetického rušení může být však na účinky těchto polí náchylná, může dojít k znehodnocení přenášených signálů mezi přístroji, případně až k havarijním stavům. Je proto nutné elektrotechnická zařízení zabezpečovat a chránit před elektromagnetickým rušením (například stíněním). Stupně ochrany, přípustné hodnoty elektromagnetických polí upravují normy.<sup>[5]</sup> Pro detekci elektromagnetických polí se využívají například snímače na principu Hallova jevu.<sup>[26]</sup>

Dalším význačným parametrem, který se v prostředí může vyskytovat jsou vibrace, které jsou vyvolány mechanickým kmitáním tělesa nebo soustavy. Vibrace mají velmi nepříznivý vliv na člověka. Vibrace ručních nástrojů, které člověk může používat způsobují nedostatečné prokrvení konců prstů, z čehož mohou vyplynout různé zdravotní problémy (brnění, mravenčení, snížená citlivost v prstech, ...). Jízda v dopravních prostředcích, může být příčinou zvýšené únavy, zvýšení reakční doby apod.<sup>[27]</sup> Měření vibrací je také důležité pro technickou diagnostiku. Díky příslušnému měření jsme schopni předejít poruše rotujícího stroje nebo nalézt místo jeho poškození stroje. Nejzákladnějšími veličinami pro měření a vyhodnocení vibrací jsou frekvence kmitání, výchylka, rychlost nebo zrychlení kmitavého pohybu. Pro měření vibrací tedy můžeme využít snímače výchylky, rychlosti nebo zrychlení.<sup>[28]</sup>

### 1.11 Hodnocení stavu mikroklimatu

Velice důležité pro pohodu člověka je hodnocení stavu mikroklimatu. V obytných prostorách trávíme velké množství času. Snažíme se mikroklima přizpůsobit, tak aby nám vyhovovalo. To se zajistí vhodným návrhem prostorů a případně řízením mikroklimatických parametrů. Mikroklima celkově významně působí na výsledný fyzický a duševní stav člověka. Kombinace různých klimatických parametrů mohou způsobit různé pocity tepelné pohody, případně mohou různě ovlivnit lidský organismus. Například proudění chladného vlhkého vzduchu negativně působí na zdravotní stav člověka a zároveň je obvykle člověku nepříjemný. Také kombinace prostředí s vysokou vlhkostí a vysokou teplotou je snášeno člověkem špatně.<sup>[5]] [6]] [11]</sup>

Základní veličiny, které slouží pro hodnocení mikroklimatu jsou:

teplota vzduchu  $t$  [°C],  
 střední radiační teplota  $t_r$  [°C],  
 rychlost proudění vzduchu  $w$  [ms<sup>-1</sup>],  
 relativní vlhkost vzduchu  $\phi$  [-].<sup>[6]</sup>

Při měření těchto veličin musíme vzít v potaz rovnoměrnost teplot v prostoru, asymetrie radiační teploty, intenzitu proudícího vzduchu (pouze pokud jsou vysoké nároky na stav prostředí).<sup>[5]</sup> Obecně vyjadřujeme tepelnou pohodu funkční závislostí (12).<sup>[1]</sup>

$$Q = f(t, t_r, w, \phi, R_{cl}, f_{cl}) \quad (12)$$

Kde:

$Q$  [W] je činnost člověka – vyjádřena tepelnou produkcí člověka  $Q = M - W$ ,  
 $M$  [W] je celkový výdej energie člověka,  
 $W$  [W] je mechanický výkon člověka,  
 $R_{cl}$  [m<sup>2</sup>.K.W<sup>-1</sup>] je tepelný odpor oděvu,  
 $f_{cl}$  [-] je stupeň pokrytí těla oděvem,  
 dále základní veličiny hodnocení mikroklimatu.<sup>[1]</sup>

Na základě základních fyzikálních veličin a rovnice tepelné pohody (12) je možné sestavit různé diagramy, tabulky ve kterých můžeme najít rozsahy základních veličin hodnocení mikroklimatu. Tyto rozsahy znamenají vhodné hodnoty prostředí. Pokud chceme vyhodnotit stav našeho prostředí, je nutné změřit teplotu vzduchu, střední radiační teplotu, rychlost proudění vzduchu, relativní vlhkost vzduchu a poté z diagramů zjistit, zdali je dosažena požadovaná tepelná pohoda prostředí.<sup>[1]</sup>

Tepelné prostředí můžeme hodnotit i na základě odvozených fyzikálních veličin. K těm patří operativní teplota  $t_o$  (13). Zahrnuje jedinou veličinou vliv  $t$  (konvenční výměny tepla) a vliv  $t_r$  (výměna tepla sáláním).<sup>[1]</sup>

$$t_o = t_r + A(t - t_r) \quad (13)$$

Kde:

$t_o$  [°C] je operativní teplota,

$t_r$  [°C] je střední radiační teplota,

$t$  [°C] je teplota vzduchu,

$A$  [-] je koeficient závislý na rychlosti proudění vzduchu.<sup>[1]</sup>

Hodnocení tepelného stavu prostředí hodnotíme na základě indexu PMV (predicted mean vote). Index PMV je blíže popsán v normě ČSN EN ISO 7730, má hodnoty: -3 zima, -2 chladno, -1 mírně chladno, 0 neutrálně, +1 mírně teplo, +2 teplo, +3 horko. Jeho definice vychází z funkční závislosti tepelné pohody – je to funkce rozdílu tepelné produkce člověka a aktuálního toku tepla, který člověku prostředí odebírá.<sup>[1][6]</sup>

Index PPD (predicted percentage of dissatisfied) udává procentuální podíl nespokojených osob s daným prostředím. Z normových grafů závislosti PMV a PPD vyplývá, že při dodržení optimálních parametrů je stejně 5 % osob v daném prostředí nespokojených.<sup>[1][6]</sup> Uvedené veličiny umožňují vyhodnotit tepelný stav prostředí, říkají nám zdali je či není v prostředí tepelná pohoda. Veličiny jsou přímo ovlivněny parametry prostředí, jejich znalost je tedy nezbytná pro zajištění správných mikroklimatických podmínek.<sup>[1][6]</sup> Kromě základních mikroklimatických veličin, bývají pro pohodu člověka důležité další veličiny (osvětlení, hluk, prašnost, vibrace, ...).<sup>[11]</sup> Například vlivem nedostatečného osvětlení dochází k zvýšení únavy člověka. Obecně vhodné osvětlení přispívá psychické pohodě a dobrému pracovnímu výkonu.<sup>[11]</sup>

Pro člověka bývají nepříjemné až škodlivé drobné částičky různých hmot, které se mohou vyskytovat ve vzduchu – prach. Prach může vyvolávat alergické reakce, dráždivost, toxické reakce ap. Například v průmyslu, v pozemním stavitelství, ve stavebnictví, v chemickém, textilním i potravinářském průmyslu... Nezanedbatelným parametrem prostředí je hluk, tedy takové zvukové vjemy, které jsou člověku nepříjemné, ruší ho, nebo mu až ničí sluch.<sup>[11]</sup>

## 1.12 Vliv parametrů na výsledky měření

Teplota okolí může významně ovlivnit výsledky měření v technické praxi. Vlivem teploty okolí může dojít až k úplnému znehodnocení výsledků měření. Pokud jsou kladeny vyšší požadavky na přesnost, projeví se i další parametry prostředí jako je barometrický tlak, vlhkost, proudění vzduchu, ...<sup>[5]</sup>

Jako příklad si uveďme měření teploty za pomoci dilatačních kapalinových teploměrů, které byly popsány v 1.1.1 Dilatační kapalinové teploměry. Při měření teploty dilatačním teploměrem nedochází jenom k změně objemu teploměrné kapaliny, ale zároveň se též částečně mění délka teplotní stupnice, či délka skleněné kapiláry. Měření teploty kapalinovým teploměrem může být ovlivněno samotným použitím teploměru. Skleněné tyčinkové teploměry se vyrábí ve dvou provedeních. U prvního provedení teploměr ponoříme do měřené kapaliny celý a nad hladinu vyčnívá jeho velice malá část. U druhého provedení je ponoření do měřené kapaliny pouze částečné, pouze po označenou hloubku ponoru.<sup>[1][2]</sup>

Druhé řešení teploměru již má korekci na vyčnívající sloupec. Pokud bychom teploměr určený na plný ponor do měřené látky vložili pouze částečně (Obr. 16), musíme pro dosažení správných výsledků měření vykonat korekci. Tu provádíme, protože teploměrná kapalina vyčnívající části má

jinou teplotu, než je teplota v měřeném prostoru. Pokud tuto korekci zanedbáme, může vzniknout značná chyba měření.<sup>[2] [5]</sup>

Skutečnou teplotu  $t_m$  vypočteme dle vztahů (14) a (15).<sup>[2] [5]</sup>

$$t_m = t_t + \Delta t \quad (14)$$

$$\Delta t = B \cdot n \cdot (t_t - t_0) \quad (15)$$

Kde:

$t_m$  je skutečná teplota v měřeném prostoru,

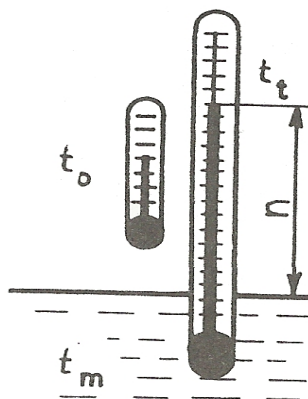
$t_t$  je teplota teploměru ponořeného do kapaliny,

$\Delta t$  je opravný součinitel

$B$  je teplotní součinitel objemové roztažnosti teploměrové kapaliny ve skle (rtuť: 1/6300),

$n$  je počet dílků vyčnívajícího sloupce,

$t_0$  je střední teplota vyčnívající teploměrové kapaliny.<sup>[2] [5]</sup>



Obr. 16: Korekce na vyčnívající sloupec<sup>[6]</sup>

Parametry prostředí, je třeba znát například při použití kata teploměrů, které slouží pro měření malých rychlostí proudění vzduchu do  $1 \text{ ms}^{-1}$ . Pro měření je třeba znát teplotu vzduchu  $t$  [°C] v daném místě. Další podmínkou je, že teplota  $t$  musí být stejná, jako střední radiační teplota  $t_r$ .<sup>[5]</sup>

### Hustota

Bývá využívána měřicími přístroji (například tlakoměr), je též závislá na teplotě. Například u pístového tlakoměru, který bývá vysoce přesný, musíme vzít v potaz teplotní roztažnost rtuti. Pokud by byl jako náplň použit líh, který je hygroskopický (pojíhá vlhkost ze vzduchu), mění se navíc jeho hustota s časem. Uvedme si příklad hustoty rtuti při různých teplotách dle tabulky 1.<sup>[6]</sup>

Tabulka 1: Hustota rtuti v závislosti na teplotě<sup>[6]</sup>

Hustota $\rho$ [kg.m <sup>-3</sup> ] při teplotě:			
0°C	10°C	20°C	30°C
13595,1	13570,4	13545,7	13521,2





## 2 MOŽNOSTI AUTOMATIZOVANÉHO MĚŘENÍ

### 2.1 Měřicí řetězec

Měřicí řetězec je cesta od prostředí, kde měříme vybrané veličiny po cílové zařízení. V případě počítačových, elektronických, nebo automatizovaných měření se na začátku měřicího řetězce použijí čidla s elektrickým výstupem. V průběhu cesty je obvykle nutné upravit elektrický signál vydávaný z čidla, aby bylo možné další zpracování. Může se jednat například o změnu proudového signálu na napěťový, zesílení či filtraci signálu nebo převod analogové veličiny na digitální pomocí A/D převodníku.<sup>[5]</sup>

Existují dvě možné cesty jakými lze měřicí řetězec postavit. Prvním řešením je *distribuovaný systém měření*, kdy signály z čidel upravujeme a digitalizujeme přímo v místě čidla. Výhodou takového řešení je odolnost proti rušení, díky vedení signálu v digitálním tvaru prakticky od umístění snímače. Druhým řešením je *centralizovaný systém měření*, upravující analogový signál z čidel na digitální až u vyhodnocovacího centrálního zařízení. Jeho výhodou bývají menší náklady, nevýhodou je možné rušení analogového signálu vlivem dlouhého vedení.<sup>[5]</sup>

Pro laboratorní a méně rozsáhlá měření je vhodné použít centralizovaný systém měření. Pro rozsáhlejší měření se hodí distribuovaný systém měření. Vždy je nutné vybrat takovou topologii, která bude pro danou aplikaci vhodná. Pokud by byl použit centralizovaný systém měření pro rozsáhlé monitorování, došlo by pravděpodobně k ovlivnění nasbíraných výsledků měření. Pokud se použije distribuovaný systém měření pro méně rozsáhlý projekt (například v rozsahu jedné obvyklé místnosti), nebudou výsledky nasbíraných hodnot ovlivněny, ale musí se počítat s vyššími pořizovacími náklady. Vyšší náklady jsou způsobené nutností použít více elektronických prvků, například pro A/D převod a další.<sup>[5]</sup>

### 2.2 Meteostanice

Pro monitorování parametrů prostředí místnosti či laboratoře, lze využít domácí meteostanice. Jedná se o zařízení, která jsou určena k předpovědi počasí. Tato zařízení disponují různými snímači pro venkovní i vnitřní prostředí. Počet snímačů, kvalita a přesnost celé meteostanice se obvykle řídí cenou. Nejzákladnější meteostanice měří vzdušnou teplotu a vlhkost vnitřního a venkovního prostředí. Dražší meteostanice obsahují řadu čidel pro měření venkovní a vnitřní teploty/vlhkosti, barometrického tlaku, rychlosti proudění vzduchu, množství srážek apod. Některé meteostanice je možné připojit k počítači prostřednictvím vhodného rozhraní (často USB). A tím i vyhodnotit naměřené hodnoty prostřednictvím vhodného softwaru.

#### 2.2.1 Bezdrátová meteostanice TFA Primus

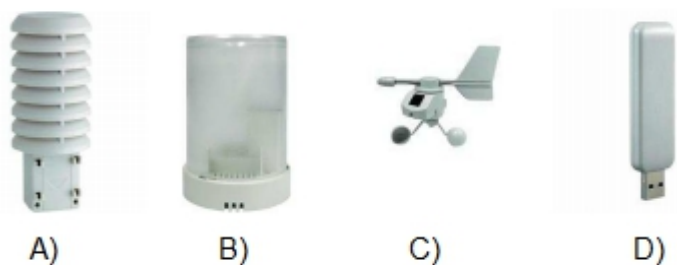
Zařízení shromažďující informace ze snímačů je realizováno pomocí meteostanice (Obr. 17). Toto zařízení sbírá data ze snímačů a zobrazuje je na jeho displayi (zároveň obsahuje snímače pro vnitřní prostředí). Z meteostanice je možné naměřená data dopravit do počítače skrze USB přijímací/vysílací jednotky. Naměřená data lze v počítači zpracovávat pomocí dodávaného programu Heavy Weather Pro. Komunikace mezi snímači, modulem a USB jednotkou je realizována bezdrátově.



Obr. 17: Modul bezdrátové meteostanice TFA Primus <sup>[30]</sup>

Bezdrátové propojení je značnou výhodou této meteostanice. Její instalace je o to jednodušší. Stačí jednotlivé prvky stanice umístit na vhodné místo, provést nastavení dle manuálu a je možné měřit. Pro její provoz není nutná žádná kabeláž. Celé zařízení je napájeno pouze bateriemi.<sup>[30]</sup>

Mezi příslušenství meteostanice (Obr. 18) patří senzor pro teplotu a vlhkost, uložený v radiačním štítu (A), srážkoměr (B), anemometr (C), USB přijímací/vysílací jednotka (D).<sup>[30]</sup> Bližší informace o meteostanici, včetně příslušného manuálu jsou dostupné na webových stránkách: <http://www.conrad.cz/bezdratova-meteostanice-tfa-primus.k672137#download>.



Obr. 18: Příslušenství meteostanice<sup>[20]</sup>

## 2.3 Dataloggery

Jsou vhodné k jakémukoli sběru a ukládání dat (nejen parametrů prostředí). Dataloggery ukládají data pro pozdější zpracování ve své paměti, která je nezávislá na napájení. Tato zařízení mohou pracovat zcela samostatně, bez přítomnosti dalších zařízení (počítačů). Přítomnost počítače může být vyžadována pouze v případě, chceme-li z dataloggeru získat naměřené hodnoty. V takovém případě propojíme datalogger s počítačem přes vhodné rozhraní (USB, RS232, Ethernet, WI-FI ...) Dataloggery se mohou stát součástí větších celků, mohou vytvořit mezičlen mezi čidly, které jsou umístěny v měřeném prostředí, a centrální jednotkou (serverem).<sup>[31]</sup> Přístroje mohou mít zabudována příslušná čidla (teploty, tlaku, vlhkosti, ...) ve svém těle, případně existují varianty, které umožňují připojení až několika externích sond. Některá zařízení umožňují měřit napětí, proud apod. Napájení dataloggeru je obvykle realizováno za pomoci baterií, případně za pomoci síťového stabilizovaného adaptéru (např. 24V / 1A).<sup>[32]</sup>

### 2.3.1 R0110 Teploměr s vnitřním čidlem (Obr. 19)



Obr. 19: R0110 Teploměr s vnitřním čidlem<sup>[33]</sup>

Slouží k ukládání měřených hodnot v nastavitelném časovém intervalu do vnitřní energeticky nezávislé paměti. Umožňuje ukládání hodnot pouze v předem určeném časovém intervalu a při nepřekročení předem určených maximálních a minimálních hodnot. Zaznamenává maximální a minimální hodnoty. Červená dioda slouží pro indikaci překročení nadefinovaných hodnot, či pro

indikaci nízkého stavu baterie. Umožňuje cyklický i necyklický záznam hodnot <sup>[33]</sup>

Přístroj je možné ovládat skrze počítač a dodávaný software. Komunikace s počítačem může probíhat skrze RS232 (COM adaptér) nebo USB (USB adaptér). Přístroj je možné mít připojený k počítači, či k měřicímu systému i trvale. <sup>[33]</sup>

Kompletní informace o zařízení jsou dostupné z webové stránky:

<http://www.cometsystem.cz/produkty/dataloggery/r0110-teplomer-s-vnitřnim-cidlem/reg-R0110#download> <sup>[33]</sup>

### 2.3.2 S0841 Teploměr dvoukanálový s 2 binárními vstupy (Obr. 20)

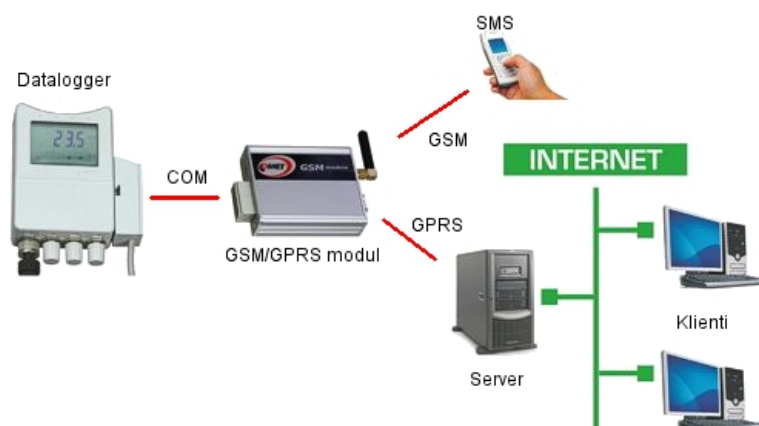


Obr. 20: S0841 Teploměr dvoukanálový s 2 binárními vstupy <sup>[34]</sup>

Funkce, možnosti připojení a ovládání dataloggeru S0841, který je určen pro měření teploty jsou obdobné jako u přístroje R0110, obsahuje však navíc možnost připojení dvou externích sond pro měření teploty, které mohou být zaznamenávány do paměti zařízení. Také má dva vstupy pro binární signály, které mohou být zaznamenávány do paměti zařízení, binární vstup může také řídit zapnutí a vypnutí záznamu hodnot do paměti, LCD display pro zobrazení měřených hodnot. <sup>[34]</sup>

Kompletní informace o zařízení jsou dostupné z webové stránky:

<http://www.cometsystem.cz/produkty/dataloggery/s0841-teplomer-dvoukanalovy-s-2-bin-vstupy/reg-S0841#features> <sup>[34]</sup> Příklad použití dataloggerů je uveden na schématu níže (Obr. 21).



Obr. 21: Možné využití dataloggeru <sup>[34]</sup>

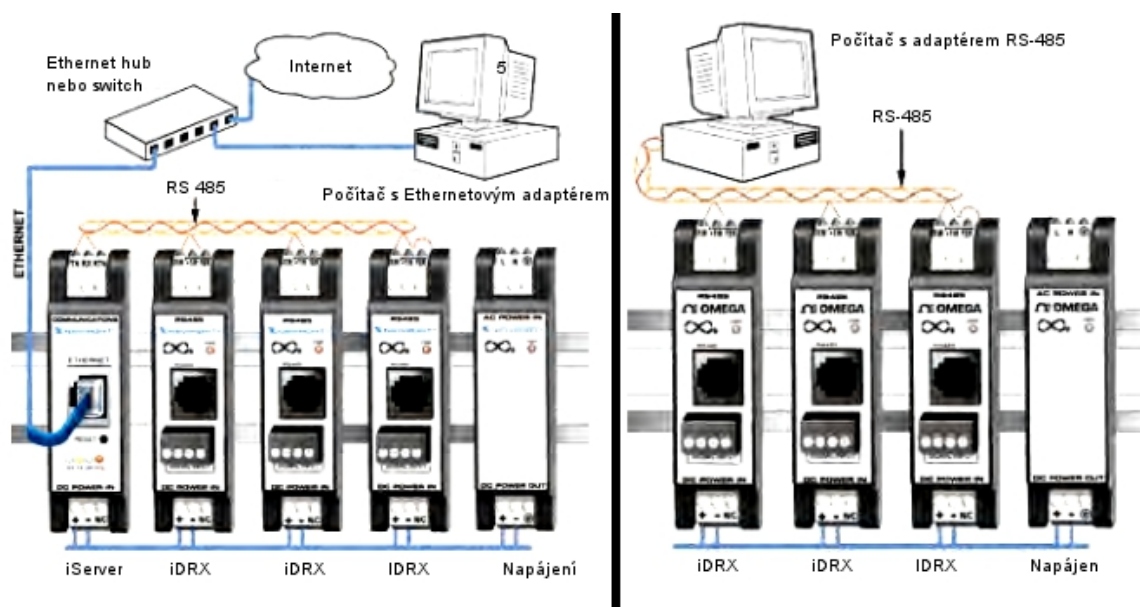
## 2.4 Převodníky signálu

Při měření parametrů prostředí se setkáváme i s měřením různých elektrických veličin. Někdy je nutné tyto signály z čidel převádět na jiný druh signálu (například z proudového na napěťový

apod.). Důvodem může být, že ne každá část měřicího řetězce je schopna zpracovávat např. proudový signál. Převodníky také zajišťují unifikovanost výstupního signálu. Převodníky mohou mít navíc mikroprocesory, které rozšíří možnosti a funkce celého převodníku (například převod analogového signálu na digitální, přenos dat přes různé sběrnice – RS-232, RS-485 apod.). Převodníky signálu mohou být ve formě externího zařízení, případně ve formě tištěného spoje, který se může stát součástí jiného zařízení.<sup>[35]</sup>

Například převodníky firmy Sensit, které umožňují převést signál z odporového teploměru na napěťový nebo proudový (Obr. 22). Podrobnosti k těmto převodníkům lze nalézt na webových stránkách: <http://www.sensit.cz/sortiment/prevodniky-teplota-proud.php>.<sup>[36]</sup>

Ve vybraných aplikacích může být také žádoucí využít převodníky firmy Omega, například série převodníků iDRN/iDRX (Obr. 23). Existují v mnoha variantách, ke kterým lze připojovat různé druhy snímačů – Pt100, termočlánky, atd. Jsou schopny převádět signál z čidla na unifikovaný napěťový, či proudový signál. Řízeny jsou mikroprocesorem, díky čemuž je možné je k nim přistupovat skrze počítač. Možné použití převodníků je naznačeno na schématu (Obr. 23). Konkrétní specifikace těchto převodníků lze najít v odkazu: <http://www.omegaeng.cz/ppt/pptsc.asp?ref=DRN-DRX&Nav=dasc01><sup>[37]</sup>

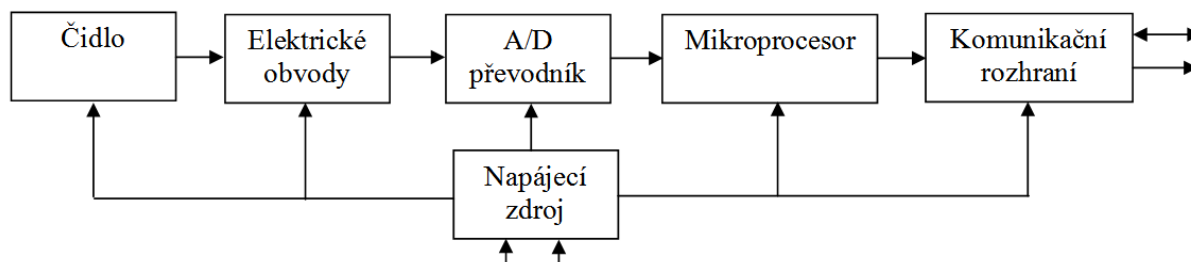


Obr. 23: Převodníky ze série iDRN/iDRX<sup>[37]</sup>

## 2.5 Inteligentní snímače

Jsou výhodou pro měření nejrůznějších veličin, tedy i parametrů prostředí. Jedná se o prvek, který v sobě kromě vhodného čidla obsahuje také elektronické obvody (mikroprocesor, A/D převodník, komunikační rozhraní a další) – viz. schéma (Obr. 24).<sup>[38]</sup> Inteligentní snímače se dokáží přizpůsobit vnějším podmínkám za pomoci vlastní diagnostiky a kalibrace, zpracovávají signály v digitální formě a zahrnují mnoho dalších vlastností, které plynou z využití mikroprocesorů.<sup>[39]</sup>

Příkladem inteligentních snímačů jsou snímače řady SD 11x (Sensit), které slouží pro měření teploty. Snímače komunikují s okolím za pomoci rozhraní RS-485 prostřednictvím různých protokolů. Typ komunikačního protokolu (ASCII – ADAM 4000 (ADVANCETECH), ARION, ModBus) záleží na konkrétním typu snímače. Podrobnosti o inteligentních snímačích od firmy Sensit lze najít v odkazu: <http://www.sensit.cz/sortiment/snimace-teploty-SD11.php>.<sup>[40]</sup>

Obr. 24: Schéma inteligentního snímače<sup>[38]</sup>

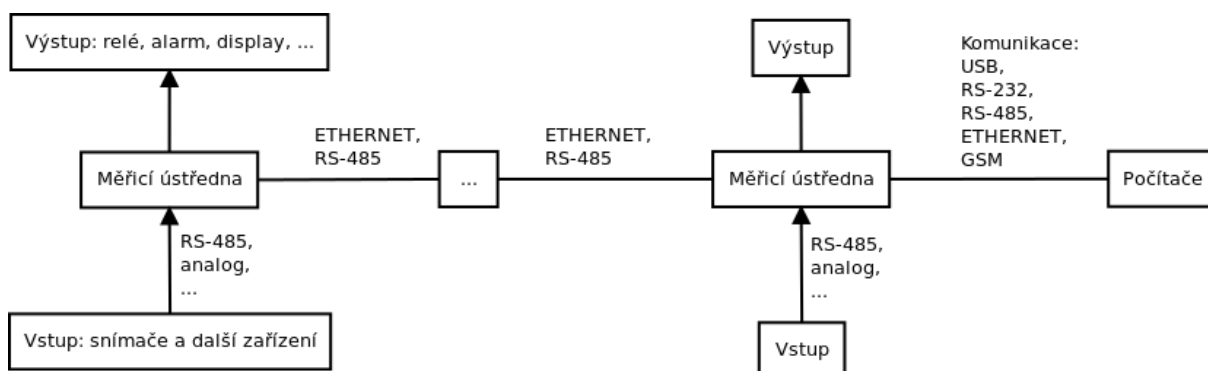
## 2.6 Monitorovací systémy

Na trhu se vyskytují kompletní monitorovací systémy, které mohou najít uplatnění v mnoha aplikacích na sledování a řízení nejen parametrů prostředí. Například měřicí a záznamová ústředna od firmy Comet systém či řešení od společnosti Moravské přístroje – DatalabPC/IO.

### 2.6.1 Měřicí a záznamová ústředna

Zařízení slouží jako universální monitorovací systém veličin – například teploty, vlhkosti a dalších parametrů prostředí, či veličin. Typ měřených veličin závisí na výběru vstupních modulů (měření proudu, odporu, moduly určené pro pt100, atd.). Umožňuje měřit z 16 vstupních kanálů, signalizovat alarmující stavy a řídit další procesy (schéma Obr. 25). Získávání dat probíhá za pomoci protokolu Advantech či ModBus prostřednictvím rozhraní USB, RS-232, RS-485, Ethernet případně přes GSM modem. Dodávaný software nám umožní nakonfigurovat měřicí ústřednu, prohlížet si naměřené hodnoty a exportovat je například do tabulkových procesorů. Toto zařízení je vhodné pro použití na rozsáhlý monitorovací systém. Měřicí ústředny jsou konstrukčně přizpůsobeny pro náročnější průmyslové prostředí.<sup>[41]</sup>

Na měřicí ústředně se nacházejí svorky pro připojení snímačů. Ústředna obsahuje menší datovou paměť (2 MB pro 480 000 naměřených údajů), do které zaznamenává naměřené hodnoty (cyklicky/necyklicky). Data je možno zaznamenávat ve zvoleném intervalu (1 sekunda až 24 hodin). Součástí je 16-bitový A/D převodník, který dokáže jeden kanál převést přibližně za dobu 60 ms.<sup>[41]</sup>

Obr. 25: Schéma možného použití měřicích stanic<sup>[41]</sup>Obr. 26: Ukázka měřicí stanice<sup>[41]</sup>

Kompletní specifikace měřicích ústředí, včetně volitelného příslušenství lze najít na odkazu: [http://www.cometsystem.cz/produkty/monitorovaci-systemy/ms55d-merici-a-zaznamova-ustredna/reg-MS55D#optional\\_accessories](http://www.cometsystem.cz/produkty/monitorovaci-systemy/ms55d-merici-a-zaznamova-ustredna/reg-MS55D#optional_accessories) <sup>[41]</sup>

### 2.6.2 DatalabPC a jednotky DatalabIO

DatalabPC (Obr. 27) je průmyslový počítač založený na standardu PC, který je však v kompaktním a robustním provedení, díky čemuž je počítač odolný vůči náročným průmyslovým podmínkám. Je možné ho umístit na DIN lištu do rozvaděčů. Je určen pro připojení jednotek I/O od Moravských přístrojů, které umožňují připojení různorodých vstupů dle typu jednotky I/O (16-bitové analogové vstupy, 12-bitové analogové výstupy, moduly pro teploměrná čidla Pt100/Pt1000 a mnoho dalších.). Připojení těchto jednotek se provádí přes rozhraní USB. Varianta Datalab PC/IO má přímo zabudovanou jednotku I/O v horním krytu, přes kterou je umožněn přístup ke svorkovnici. Výhodou Datalab PC/IO je, že kabeláž k propojení I/O jednotky a desky počítače je provedena uvnitř počítače. <sup>[42]</sup>

Datalab PC je plně kompatibilní se standardem PC. Využívá procesory, které využívají instrukční sadu procesorů x86, tudíž umožňuje používat standardní i embedded operační systémy (Windows, Linux). Jsou na něm přítomna všechna standardní PC rozhraní. Výhodou je varianta pc bez rotujícího pevného disku, čímž se zvyšuje odolnost a spolehlivost tohoto pc. V případě varianty bez pevného disku využívá Compact Flash paměťové karty. Zdroj tohoto zařízení může být napájen střídavým napětím 230 V, nebo může být napájen nízkým stejnosměrným napětím. Datalab PC je



Obr. 27: DatalabPC/IO<sup>[42]</sup>

primárně určen pro ovládací software Control Web, kterým se práce zabývá později. <sup>[42]</sup>

Odkaz na webové stránky Moravských přístrojů, kde lze dohledat informace o DatalabPC/IO, případně vstupně výstupních jednotkách DatalabIO: <http://www.mii.cz/cat?id=83&lang=405> <sup>[42]</sup>

## 2.7 Prostředky pro sběr dat

Cílem monitorování parametrů prostředí je ukládání naměřených hodnot z příslušných snímačů, ze kterých můžeme posléze provést příslušná vyhodnocení. O ukládání naměřených hodnot se může starat například meteostanice, či datalogger a jiná samostatného provozu schopná zařízení. Může také nastat situace, kdy budeme mít k dispozici snímač, který sám o sobě nemá schopnost zaznamenávat hodnoty (příkladem může být čidlo v kombinaci s převodníkem). V obou případech bývá žádoucí, aby nad jednotlivými prvky měřicího řetězce bylo centrální zařízení, které bude sbírat naměřené hodnoty. Centrální zařízení bývá obvykle počítač, který obsahuje patřičný software i



hardware, který umožní ukládání, správu nebo vyhodnocení naměřených údajů. Aby však mohl být počítač připojen k měřicímu řetězci, musí obsahovat zařízení prostřednictvím, kterého počítač spojíme s měřicím řetězcem.<sup>[5]</sup> Vybrané možnosti připojení měřicího řetězce k počítači:

Měřicí a zásuvné karty připojitelné na vnitřní sběrnici počítače (např. PCI, PCIe, ...): <http://www.omegaeng.cz/shop/subsectionSC.asp?subsection=D01&book=DAS><sup>[42]</sup>

USB převodníky, které rozšíří možnosti počítače o připojení různých průmyslových sběrnic (RS-485, apod.): <http://www.papouch.com/cz/shop/products/prevodniky/usb/><sup>[43]</sup>

Externí jednotky, které je možné připojit k počítači, či k jiným zařízením prostřednictvím USB, Ethernet, IF/CAN: <http://www.mii.cz/cat?id=77&lang=405><sup>[44]</sup>

V souvislosti se sběrem dat úzce souvisí nástroj, kterým jsme schopni přenést data mezi snímačem, jednotlivými prvky systému a koncovým zařízením. Tímto nástrojem bývají sběrnice, komunikační protokoly, případně různé technologie, které je možno realizovat drátově i bezdrátově. Podrobný rozbor sběrnic a technologií pro přenos dat je možné nalézt v odborné literatuře, zmiňme si alespoň několik příkladů sběrnic, které lze využít při sběru dat: CAN, GRIB, ProfiBus, Průmyslový Ethernet, Bezdrátové technologie: Bluetooth, ZigBee<sup>[45]</sup>

## 2.8 Software měřicích systémů

Jsou to programy určené pro řízení činnosti měřicího systému, nebo programové vybavení určené pro tvorbu těchto systémů. Výhodné bývá použít programové vybavení přímo od výrobců měřicích systémů. Mají výhodu, že obvykle umožňují hned po jejich instalaci provádět požadovaná měření a analýzu dat. Pokud nejsou tyto programy dostačující, je možné využít některých vývojových programů z řad vyšších programovacích jazyků. Tyto mívají též dostupné různé knihovny pro práci s měřicími systémy.<sup>[5]</sup>

### 2.8.1 Vývojový systém LabVIEW

Tento vývojový systém je vyvíjen firmou Nationals Instruments od roku 1983. Jedná se o grafický programovací jazyk určený pro vývoj testovacích, měřicích a řídicích aplikací. Vytváření aplikací tímto systémem je rychlé, výhodou je též snadná změna konfigurace aplikací. Umožňuje komunikaci s mnoho hardwarovými zařízeními.<sup>[5]</sup>

Tvorba programu se skládá ze dvou částí. První částí je návrh virtuálního přístroje (VI), což je vlastně uživatelské rozhraní programu. Druhou částí je blokový diagram virtuálního přístroje, který zajišťuje funkčnost celého programu. Po přípravě čelního panelu přístroje se tvoří blokové schéma virtuálního přístroje. V okně pro tvorbu diagramu (diagram windows) se nacházejí ikony odpovídající prvkům, které byly umístěny na čelní panel. Pomocí nabídky function se vytváří blokový diagram. V této nabídce se nacházejí prvky pro tvorbu programových struktur, datových objektů, funkce grafického jazyka a mnoho dalších. Program je možné spouštět, ladit a krokovat. Výsledný program je možné vytvořit jako spustitelný EXE soubor.<sup>[5]</sup>

Běh programu je řízen připraveností všech dat, čímž se LabVIEW liší od textově orientovaných programovacích jazyků, které většinou program řídí sekvenčně. Výsledkem toho je, že ke spuštění bloku dat dojde v okamžiku, kdy jsou ve všech vstupech bloku připravena data. Díky tomu může být například spuštěno několik virtuálních přístrojů současně.<sup>[5]</sup>

### 2.8.2 Programový systém Control Web

Programovací systém firmy Moravských přístrojů vychází z jeho předchůdce Control Panel, který vznikl v 90. letech 20. století. Je určen pro platformy Win32. Využití tohoto systému je velmi široké. S jeho pomocí je možné vytvořit aplikace určené pro měření a řízení v reálném čase nejen pro průmysl. Umožňuje tvorbu distribuovaného měřicího systému s mnoha měřicími body. Dokáže úlohy simulovat, vizualizovat. Tento programový systém může využít jakýkoliv průmyslový hardware, je-li k němu dostupný patřičný ovladač. Je tedy navržen nezávisle na hardwaru. Jeho výhodou je podpora otevřených protokolů a standardů. Control Web dokáže data sdílet po síti, díky zabudovanému http serveru je též schopen vytvořit webové aplikace. Tvorba programu probíhá v grafickém a textovém editoru. Pomocí jednotlivých komponentů je zde vytvářen vzhled a algoritmus programu.<sup>[47]</sup>





### 3 NÁVRH LABORATORNÍHO MODELU

V této kapitole popíšeme návrh modelu pro laboratoř měření (A4/603), fakulty strojního inženýrství VUT v Brně. Laboratoř se nachází v šestém patře budovy A4. Připomeňme, že okna laboratoře jsou orientována na západ, tudíž přímé odpolední sluneční paprsky výrazně zvyšují teplotu v laboratoři po většinu roku. Je tedy nutné případná probíhající měření korigovat vzhledem k parametrům prostředí (zejména vzhledem k zvýšené teplotě prostředí), aby byla zajištěna správnost naměřených dat.

Model rozšíří stávající možnosti měření parametrů prostředí v laboratoři. Stávající možnosti měření parametrů prostředí jsou v podobě klasických měřidel (dílatační teploměr, mechanický barometr), případně v podobě ručních elektronických měřidel. Klasická měřidla mohou zapříčinit chybu měření, která může vzniknout, lidskou chybou, při odečítání naměřených hodnot. Zmíněná dostupná elektronická měřidla neumožňují dlouhodobý sběr dat. Navržený systém tyto dvě zásadní nevýhody eliminuje. Bude se jednat o automatizovaný systém. Pro jeho činnost nebude zapotřebí přítomnost člověka (kromě uvedení do provozu).

Navržený model bude v pravidelných intervalech ukládat hodnoty vybraných parametrů prostředí. Cílem je navrhnout aplikaci, která zpřístupní naměřená data uživateli skrze síť Internet. Zpřístupnění dat uživateli bude realizováno za pomoci webové stránky, která bude reagovat na vstupy uživatele. Uživatel si bude moci vybrat den, měsíc nebo rok, pro který bude požadovat vypsání naměřených hodnot. Naměřené hodnoty budou na webu interpretovány v podobě tabulek a grafů, případně budou též ke stažení v podobě CSV souboru. Aplikace bude vyhodnocovat a zpřístupňovat vybrané statistické údaje z měření.

Jako základnu celého systému zvolíme jeden ze stolních počítačů v laboratoři. K tomuto počítači připojíme jednotku Datalab spolu s vnitřním a venkovním teploměrem. Model bude obohacen o bezdrátovou meteostanici TFA Primus. K našemu počítači bude připojena pomocí dodávaného USB zařízení.

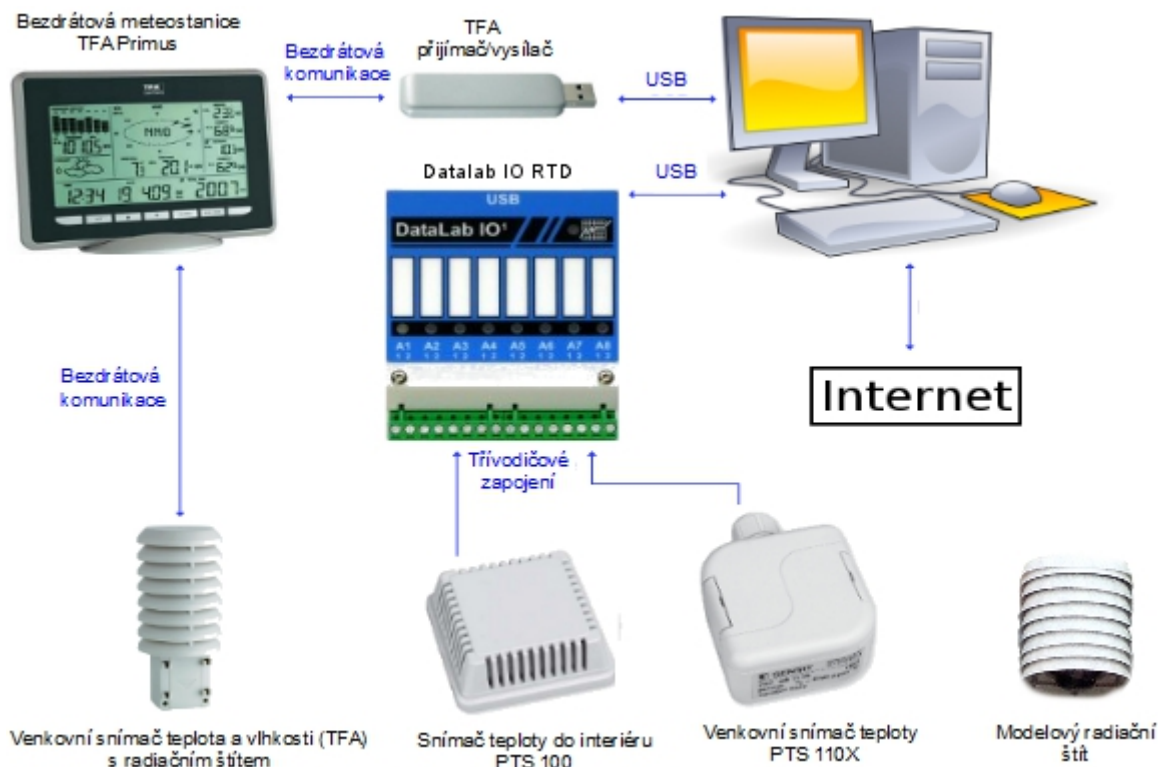
Důraz musí být kladen na správné umístění čidel, aby nebyla ovlivněna nepříznivými vlivy, jako je například tepelné záření. To by mohlo mít na výsledky měření jednotlivých čidel negativní vliv.<sup>[1]</sup> Velmi problémové bude pravděpodobně snímání venkovní teploty (snímač bude umístěn za oknem laboratoře), kde nebude možné provést dokonalé odstínění čidla od slunečního záření, případně od tepelného sálání budovy.

Celá aplikace bude postavena na vývojovém prostředí Coltrol Web 6.1 od společnosti Moravské přístroje.

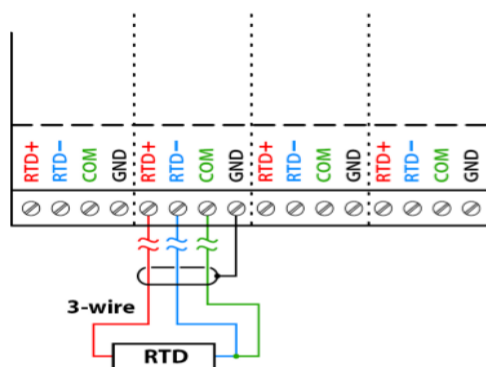
#### 3.1 Požadavky na monitorovací systém

1. Monitorování jedné místnosti (laboratoře).
2. Pravidelné zaznamenávání hodnot vybraných parametrů prostředí.
  - a) Teploty vzduchu (v laboratoři a za okny laboratoře).
  - b) Relativní vlhkosti vzduchu (v laboratoři a za okny laboratoře).
  - c) Barometrického tlaku.
3. Zpracování naměřených údajů dle vybraných statistických parametrů.
  - a) Denní a měsíční průměrné hodnoty.
  - b) Denní a měsíční maximální hodnoty.
  - c) Denní a měsíční minimální hodnoty.
  - d) Denní a měsíční rozdíly.
4. Přístup k naměřeným a zpracovaným datům prostřednictvím webové aplikace.
  - a) Možnost výběru dat dle časových úseků (zobrazení dat z vybraného dne, měsíce, roku).
  - b) Zobrazení dat v podobě tabulek nebo grafů.
  - c) Možnost stáhnutí dat směrem k uživateli v podobě souboru.

## 3.2 Schéma modelu



Obr. 28: Schéma laboratorního modelu.



Obr. 29: Třívodičové zapojení odporových snímačů k jednotce DataLab IO RTD [52]

## 3.3 Prvky modelu

### 3.3.1 Počítač

Klíčovou součástí celého modelu bude centrální jednotka, která bude shromažďovat veškerá data ze snímačů. Bude se zároveň chovat jako server, který bude poskytovat klientům, skrze webové rozhraní, naměřená a zpracovaná data. Jednotce bude přidělena veřejná IP adresa, čímž se umožní i zpřístupnění naměřených dat vzdáleným počítačům mimo lokální síť.

Jako centrální jednotka bude využit jeden ze stolních počítačů, který je dostupný v laboratoři. Svými vlastnostmi bude plně postačovat pro danou úlohu. Jeho konfigurace je následující:

1. Systém:
  - a) Microsoft Windows XP
  - b) Professional
  - c) Verze 2002
  - d) Servis Pack 3
2. Počítač:
  - a) Intel(R)
  - b) Celeron(R) CPU 2.00GHz
  - c) 1024 RAM
  - d) WDC WD800JB-00JJA0 (80GB, ATA)
  - e) Intel(R) 82845G Graphic Controller
  - f) Verze systému BIOS: Award Software, Inc. ASUS P4GE-VM ACPI BIOS Revision 1008, 27.5.2003
  - g) Kompletní výpis konfigurace vybraného počítače (pomocí MSinfo32.exe) je přiložen na CD (PC.txt).
3. Vývojové prostředí
  - a) Programový systém Control Web 6.1 od Moravských přístrojů (EDU verze)

Tento počítač bude muset být nepřetržitě zapnut, jinak by data ze snímačů nebyla ukládána a přístup k nim by byl také samozřejmě odepřen. Nepřetržitý provoz počítače by mohl být však narušen například výpadkem, či zakolísáním proudu. V takovém případě nedojde při standardním nastavení PC k jeho zapnutí. Je tedy zapotřebí provést patřičné úpravy v BIOSu (jsou-li dostupné) a operačním systémem, aby po případném výpadku proudu došlo k okamžitému startu počítače a nutných programů. Níže popíšeme možný postup zajišťující chod celého systému. Postup bude platit pro výše zmíněnou konfiguraci vybraného počítače.

Abychom docílili zapnutí počítače po výpadku proudu, přistoupíme nejprve k nastavení BIOSu. Do jeho nastavení je možné vstoupit při úplném startu počítače, kdy nám počítač nabídne možnost stisknout funkční klávesu F2 (případně klávesu DELETE). Zde pak v záložce *Power Management Features* nastavíme položku *Restore on AC/Power Loss* na *Last State*. Pokud nyní toto nastavení uložíme, bude počítač po případném výpadku napájení znovu automaticky zapnut.<sup>[53]</sup>

Avšak i přes zapnutí počítače a operačního systému při obvyklém nastavení, nebude přihlášen uživatel a zároveň nebudou spuštěny patřičné programy. Je tedy vhodné provést ještě několik následujících úprav, aby potřebné programy, ihned po startu počítače, byly spuštěny.

Aby byl uživatel přihlášen ihned po spuštění operačního systému, je nutné v *Start* nabídce v kolonce *Spustit* zadat příkaz *control userpasswords2*. Zde zrušíme kolonku *Před použitím počítače musí uživatelé zadat uživatelské jméno a heslo*. Nyní stiskneme potvrzující tlačítko *OK* a následně budeme vyzváni k vybrání uživatele, který bude automaticky spouštěn při startu počítače.<sup>[54]</sup>

Spuštění monitorovacího programu po startu počítače zajistíme pomocí programu *MSConfig.exe*, který je běžně dostupný v systému Windows XP.<sup>[55]</sup>

### 3.3.2 Snímač teploty do interiéru PTS 100

Pro snímání teploty uvnitř laboratoře využijeme snímač od firmy Sensit, typ PTS 100. Jedná se o odporový snímač (Pt100) s plastovou hlavicí. Plastová hlavice zabrání mechanickému poškození čidla a zároveň umožní přístup vzduchu přímo k čidlu (viz. Obr. 28). Použitý snímač je vyroben z platiny a chyba měření by se měla pohybovat v rozsahu:  $\pm(0,3+0,005|teplota\ okolí|)^\circ\text{C}$ .<sup>[49]</sup>

Snímač (v schématu zkratka RTD) bude zapojen dle schématu na obrázku (Obr. 29) ke vstupní jednotce Datalab. Zapojení bude realizováno třívodičově, čímž se kompenzuje vliv odporu přívodních vodičů.<sup>[56]</sup> Snímač umístíme v laboratoři tak, aby nebyl ovlivněn dopadajícími slunečními paprsky. Jeho umístění by se mělo nacházet poblíž obvyklého pracovního místa.<sup>[1]</sup>

Kompletní specifikace čidla je dostupná na přiložené CD (soubor *sensit\_PTS100\_07\_12.pdf*)

případně v odkazu: [http://www.sensit.cz/ke-stazeni/soubory/07\\_12.pdf](http://www.sensit.cz/ke-stazeni/soubory/07_12.pdf).<sup>[49]</sup>

### 3.3.3 Venkovní snímač teploty PTS 110x

Pro snímání teploty vzduchu za okny laboratoře využijeme snímač teploty od firmy Sensit PTS 110x. Obsahuje odporové platinové čidlo teploty (Pt100). Čidlo je chráněno proti mechanickým vlivům prostředím plastovou hlavicí (viz. Obr. 28). Chyba měření tímto snímačem by se měla pohybovat v rozsahu:  $\pm(0,3+0,005|teplota\ okolí|)$  °C.<sup>[50]</sup>

Snímač bude zapojen, podobně jako snímač teploty do interiéru, třívodičově k jednotce Datalab (viz. Obr. 29). Problémové ovšem bude umístění snímače za okno laboratoře. Snímač pravděpodobně nepůjde dobře odstínit od negativních vlivů prostředí. Čidlo pro měření teploty vzduchu by mělo být vzdáleno od ploch s extrémními teplotami. A zároveň by mělo být odstíněno od dalších tepelných záření (například slunce). Tyto vlivy mohou výrazně zkreslit naměřené hodnoty.<sup>[1]</sup> Z tohoto důvodu navrhujeme dostupné varianty krytí, které by mohly částečně negativní vlivy zmírnit.

Kompletní specifikace čidla je dostupná na příložené CD (soubor sensit\_PTS110x\_08\_13.pdf) případně v odkazu: [http://www.sensit.cz/ke-stazeni/soubory/08\\_13.pdf](http://www.sensit.cz/ke-stazeni/soubory/08_13.pdf).<sup>[50]</sup>

### 3.3.4 Datalab IO RTD

Datalab IO RTD je prostředek, který nám umožní přenést hodnotu měřeného vzruchu z čidla (elektrického odporu závislého na teplotě prostředí) do počítače. Modul obsahuje 4 vstupy pro snímače teploty (Pt100, Pt1000, Ni1000) a umožňuje je připojit dvou nebo třívodičově. Pomocí 16 bitového delta-sigma převodníku převádí analogový signál z čidel na digitální a dále ho posílá prostřednictvím USB do počítače. Ovladač modulu zpřístupní měřená data v příslušném programu. V ovladači je nutné nastavit požadované měřicí rozsahy. Možná nastavení uvádí dokumentace zařízení, která je dostupná na příloženém CD (DataLab IO Manual CZ.pdf) nebo na odkazu: <http://www.mii.cz/download/datalab/cze/DataLab%20IO%20Manual%20CZ.pdf>.<sup>[52]</sup>

### 3.3.5 Meteostanice TFA Primus

Pro monitorování parametrů prostředí v laboratoři / za okny laboratoře použijeme navíc, kromě kombinace Datalabu a snímačů, bezdrátovou meteostanici TFA Primus. S její pomocí budeme měřit teplotu, vlhkost v laboratoři a za oknem a barometrický tlak. Meteostanice disponuje také anemometrem pro měření rychlosti větru a srážkoměr pro měření srážek. Tyto prvky aktivovat nebudeme, jelikož by bylo problematické jejich případné umístění za okna laboratoře. Důvodem je častá přítomnost ptactva, které by mohlo zlikvidovat mechanický anemometr. Umístění srážkoměru na okno je nevhodné.

Meteostanici umístíme poblíž pracovního místa, kde bude měřit teplotu, vlhkost a barometrický tlak. Zajistíme, aby na meteostanici nepůsobilo sluneční záření a jiné negativní vlivy. Venkovní snímače teploty a vlhkosti zapouzdřené v radiačním štítu namontujeme za okno. O účinnosti tohoto radiačního štítu se přesvědčíme při měření. Vhodnější by byly venkovní snímače umístit mimo dosah ploch s extrémními teplotami. To není v našem případě umožněno. Do našeho počítače nainstalujeme ovladače a program Heavy Weather Pro, které slouží pro obsluhu meteostanice skrze počítač. K počítači připojíme dodávaný USB komunikátor, který zajišťuje komunikaci s meteostanicí.

Výhodou této meteostanice je bezdrátová komunikace s jednotlivými prvky. Montáž je tedy jednodušší. Meteostanice a venkovní snímač je napájen bateriemi.

Zdrojem informací k této podkapitole a zprovoznění meteostanice je manuál, který je přiložen na CD (Profi\_meteostanice\_Primus.pdf), případně je dostupný na odkazu: [http://www2.produktinfo.conrad.com/datenblaetter/650000-674999/672137-an-01-cs-Profi\\_meteostanice\\_Primus.pdf](http://www2.produktinfo.conrad.com/datenblaetter/650000-674999/672137-an-01-cs-Profi_meteostanice_Primus.pdf).

Uveďme si jakým způsobem můžeme předat data z meteostanice našemu monitorovacímu programu. Z dohledatelné dokumentace, případně z pokusů bylo zjištěno, že program HWP ukládá v pravidelných intervalech aktuální měřené hodnoty do konfiguračního textového souboru currrdat.lst.<sup>[57]</sup> Tímto způsobem jsou zpřístupněna aktuální data z meteostanice i cizím programům. Aby byl soubor

currdat.lst aktualizován, je nutné, aby byl zapnut program HWP a spárován s meteostanicí. Pokud program HWP není spuštěn, bude se soubor currdat.lst aktualizovat pravidelně každých 30 minut (zjištěno experimentálně). Zápis dat každých 30 minut i bez spuštěného programu HWP je pravděpodobně zajištěno programem běžícím na pozadí – heavyweatherservice.exe. V příložené dokumentaci se neuvádí jakým způsobem docílit změny intervalu z 30 minut na jiný. Experimentálně se nám ho změnit nepodařilo.

Konfigurační soubor currdat.lst se nachází ve složce Data aplikací – umístění složky záleží na příslušném OS. Klíčové budou pro náš program níže uvedené položky konfiguračního souboru. Položka time bude sloužit pro identifikaci aktuálnosti dat. Ostatní položky nám udávají naměřené hodnoty na jednotlivých snímačích.

```
[time]
last_actualisation="3561364803"
```

```
[indoor_temperature]
deg_C="22.3"
```

```
[outdoor_temperature]
deg_C="12.8"
```

```
[indoor_humidity]
percent="39"
```

```
[outdoor_humidity]
percent="63"
```

```
[pressure_relative]
hpa="989.4"
```

### 3.4 Ochrana a zabudování snímačů

Snímače musíme chránit proti vlivům prostředí, které by mohly zapříčinit znehodnocení výsledků měření. Musíme zabezpečit snímač proti mechanickému poškození, proti vlivům elektrických a magnetických polí, nebo vůči tepelnému záření.<sup>[1]</sup>

Snímače můžeme ochránit proti negativním vlivům prostředí volbou vhodného místa.<sup>[1]</sup> V našem modelu požadujeme měření teploty, či vlhkosti vzduchu, musíme tedy příslušné snímače umístit mimo dosah povrchů s extrémně horkými/chladnými povrchy.<sup>[1]</sup> Uvnitř laboratoře bude jednoduché tento požadavek splnit. Problematické však je měření venkovní teploty. Nabízí se nám možnost měřit venkovní teplotu vzduchu pouze za oknem laboratoře (6.patro), které navíc směřuje na západ. Na snímač bude tedy přímo působit tepelné sálání budovy a při slunečných dnech navíc přímé sluneční záření.

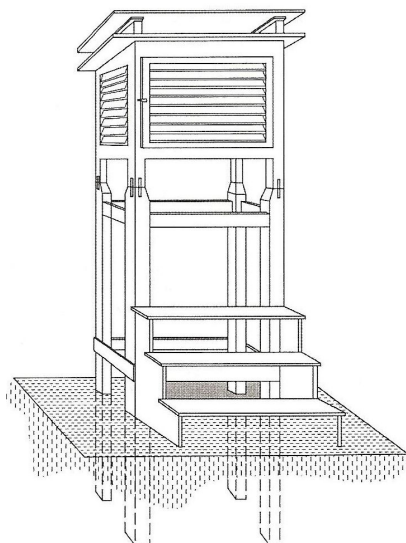
Pro náš model byly vybrány snímače, které jsou ochráněny proti mechanickým vlivům prostředí. Jsou doplněné vhodným krytím, které zajistí jejich nepoškození ve vymezeném prostředí. Konkrétně snímače PTS 110x a PTS 100 od firmy Sensit vyhovují stupni ochrany IP 30 dle ČSN EN 60 529.<sup>[49][50]</sup> Čidla bezdrátové meteostanice TFA Primus jsou též uzpůsobena proti obvyklým mechanickým vlivům prostředí. Venkovní čidlo teploty a vlhkosti (meteostanice TFA Primus) je navíc opatřeno radiačním štítem. Účinnost štítu se ověří při realizaci měření.<sup>[30]</sup>

Snímač PTS 110x, který využijeme pro venkovní měření teploty, nedisponuje dostatečnou ochranou proti tepelnému záření. Bude tedy nutné zvážit možné dodatečné vylepšení snímače, abychom vliv negativního tepelného záření minimalizovali.

Místo pro snímač teploty by se mělo nacházet na volném zatravněném prostranství, kde se alespoň v okruhu 10m nenachází žádné budovy ani stromy.<sup>[58]</sup>

Pro odstínění venkovních čidel, které měří teplotu a vlhkost, se využívají meteorologické budky, obvykle umístované do výšky 2m. Jsou vyrobeny ze žaluzií s bílým nátěrem, obsahují

zdvojenou střechu, spodní strana budky bývá perforovaná. <sup>[58]</sup>



Obr. 30: Meteorologická budka <sup>[59]</sup>

Meteorologická budka slouží jako účinná ochrana proti slunečnímu záření, případně proti srážkám. <sup>[60]</sup>

Jiným prostředkem pro ochranu senzoru proti slunečnímu záření je radiační štít. <sup>[61]</sup> Obvykle se skládají z několika clon (např. plastových) ve tvaru kruhu, které se nacházejí nad sebou. Jejich povrch bývá pokryt barvou odrážející světlo. Vyrábějí se ve dvou provedení – větrané a nevětrané. Jsou využívány zejména při automatizovaném měření. <sup>[60]</sup>

Přesnost při měření v radiačním štítu nebo budce je odlišná, jak uvádí Ing. Martin Možný, Dr (Popis a modelování teplotních diferencí mezi manuálním měřením v budce a automatickým měřením pod štítem). <sup>[60]</sup> Přesnost měření v radiačním štítu je závislá například na rychlosti proudění vzduchu. Při rychlostech do 1 m/s může vznikat chyba v řádu až 1.5 °C. Naopak při vyšších rychlostech



Obr. 31: Radiační štít (NovaLynx) <sup>[61]</sup>

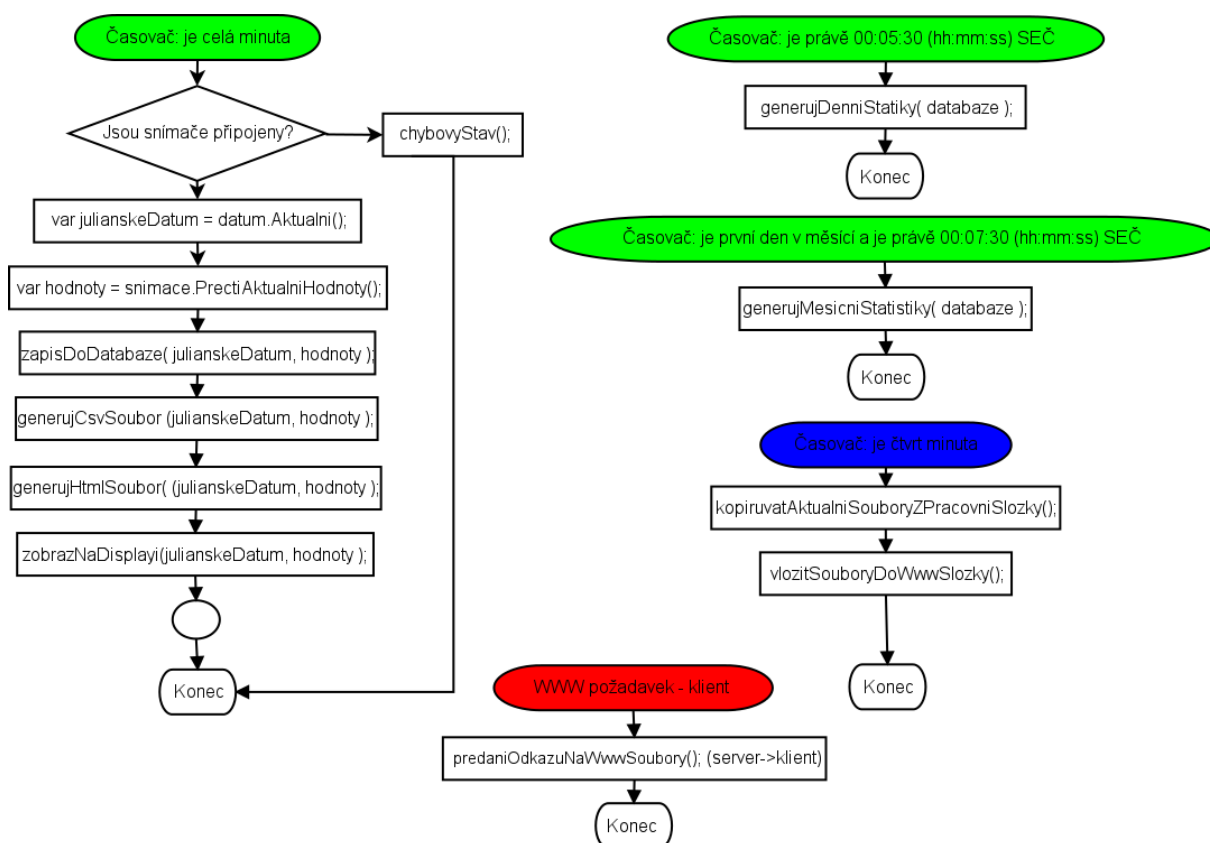
vzduchu, nad 3 m/s se tato chyba zmenšuje. V meteorologické budce tento problém nenastává. U radiačního štítu také dochází ke změně rozložení teploty s nadmořskou výškou. [60] [61]

Pro náš model je vyhovujícím řešením odstínění v podobě radiačního štítu. Bohužel náklady na jeho pořízení jsou vysoké. [30]

Účinný radiační štít však lze vyrobit, při nižších nákladech oproti pořízení hotového řešení. Například na webové stránce Meteostanice Nové Hamry, kde lze dohledat návod na výrobu radiačního štítu: <http://www.volny.cz/novacihamry/meteo/bg/radiacni%20stít.pdf> (odkazujeme 15.3. 2013; pdf soubor je přiložen na CD).

### 3.5 Monitorovací program – zjednodušené schéma

Velmi důležitou částí našeho monitorovacího systému bude program, který se bude starat o sběr a zobrazení dat. Program bude realizován ve vývojovém prostředí Control Web 6.1 od společnosti Moravské přístroje. Schéma programu je znázorněno na obrázku (Obr. 32).



Obr. 32: Zjednodušené schéma monitorovacího programu.

Program bude obsahovat časovač, který bude v přesně vymezených intervalech vykonávat jednotlivé, nebo na sobě navazující procedury. Další částí programu bude webové rozhraní, prostřednictvím kterého si uživatel bude moci kdykoliv vyžádat naměřené hodnoty. Čas, který bude věnován k výkonu uživatelem nebo časovačem aktivovaných procedur, nesmí být příliš dlouhý, aby nedošlo ke skluzu nutných procedur programu (v diagramu jsou nutné procedury vyznačené zelenou barvou).

Princip programu spočívá v pravidelném ukládání měřených parametrů prostředí a zároveň předpřípravě souborů, které si uživatel bude moci zobrazit skrze webové stránky. Každou celou minutu zapíšeme hodnoty do databáze a zároveň do HTML i CSV souborů. HTML i CSV soubory bude ukládat nejprve do složky, do které nebude mít uživatel přístup. Podobně bude pravidelně vytvářet statistiky za uběhlý den nebo měsíc. Aktualizované soubory budou uživateli zpřístupňovány každou čtvrt minutu – zkopírováním souborů z nepřístupné složky do přístupné. Pokud bychom umožnili uživateli přístup k souborům, do kterých zároveň pravidelně zapisujeme, mohla by nastat problémová situace. Ta by mohla vzniknout, pokud by nastal čas zápisu hodnot do souborů a zároveň by některý z potřebných souborů měl otevřený uživatel. Tato problémová situace je málo pravděpodobná, ale možná, jak bylo zjištěno při psaní aplikace. Pokud by si uživatel v nevhodný okamžik vyžádal některý soubor, do kterého se má za velmi malý okamžik zapisovat, stane se, že hodnoty do souboru nebudou zapsány.

Díky předpřípraveným HTML a CSV souborům, bude odpověď serveru klientovi velice rychlá. Nevýhodou tohoto řešení je, že uživatel bude mít určené časové úseky, které mu budou poskytnuty k prohlížení. Uživatel si bude moci zobrazit například konkrétní den (od 00:00 do 23:59), stejně tak vybraný měsíc nebo rok.

Monitorovací aplikaci bude možné nastavit prostřednictvím desktopového rozhraní, to navíc bude obsahovat aktuální měřené hodnoty. Pro zobrazování archivních i současných hodnot bude sloužit webové rozhraní. To umožní zobrazení uživatelem požadovaných archivních hodnot v podobě tabulek a grafů. Webovou aplikaci vytvoříme za pomoci jazyků HTML a javascript.



## 4 REALIZACE LABORATORNÍHO MODELU

Realizace laboratorního modelu započala v listopadu 2012, kdy byl umístěn, zapojen a na centrální jednotce (počítači) byla provedena příslušná nastavení včetně instalace potřebných programů (Heavy Weather Pro, ovladače pro jednotku Datalab).

Po základní instalaci a montáži systému jsme začali implementovat obslužný program za pomoci vývojového prostředí Control Web 6.1. Nejprve jsme si vytvořili jednoduchý program pro sběr dat, který byl postupem času vylepšován tak, aby splnil požadavky návrhu. Celý program, včetně zdrojového kódu, je dostupný v laboratoři. Zdrojem informací pro napsání aplikace byla nápověda programu Control Web, pro psaní webové části aplikace byl zdrojem především odkaz <http://www.w3schools.com>. Grafy jsou realizovány za pomoci jazyka HTML5 a jeho značky canvas.

Venkovní snímač teploty PTS 110x byl prvních několik měsíců provozován bez radiačního štítu. Radiační štít byl na tento teploměr umístěn 21.3. 2013.



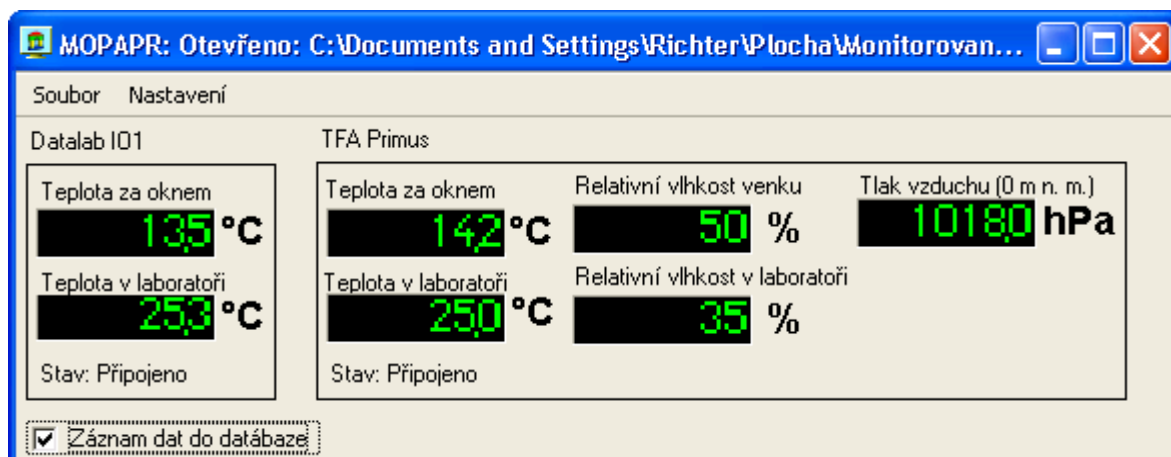
Obr. 33: Pohled na laboratoř A4/603, okna směřují na jižní stranu.

### 4.1 Monitorovací program

Monitorovací program jsme naprogramovali ve vývojovém prostředí Control Web 6.1. Předpokladem pro jeho správnou funkci je správné zapojení všech snímačů, jednotlivých prvků systému i instalace podpůrných programů (Heavy Weather Pro) a ovladačů (Datalab, meteostanice TFA Primus).

Desktopové rozhraní (Obr. 34) obsahuje jednoduchý panel, kde najdeme hodnoty aktuálních parametrů prostředí a nastavení programu. Při prvním spuštění je nutné aplikaci nastavit. Zejména musíme uvést cestu k souboru currdat.lst, do kterého meteostanice TFA Primus ukládá aktuální hodnoty. Pro správný chod aplikace je nutné doplnit umístění programu. Dále jsou v nastavení

dostupné volitelné možnosti – zapamatování poslední otevřené databáze a umožnění zápisu hodnot do databáze ihned po startu aplikace. Výhoda volitelných možností se projeví v případě, že dojde k výpadku proudu. Po výpadku proudu dojde ke startu počítače, příslušných programů (pokud je provedeno nastavení, o kterém pojednává návrh) a následně volitelné možnosti zajistí načtení databáze a zápis do ní. Pokud je aplikace špatně nastavena, není platná cesta k souboru currdatab.lst nebo k aplikaci, program bude hlásit chybu.



Obr. 34: Desktopové rozhraní monitorovacího programu.

Pokud chceme začít ukládat měřené hodnoty ze snímačů, je nutné v programu vytvořit novou databázi (Soubor → Nová databáze), nebo otevřít již vytvořenou (Soubor → Otevři databázi). Poté se nám zpřístupní zaškrtnuté tlačítko „Záznam dat do databáze“, které vyvolává zápis naměřených hodnot do databáze (každou minutu).

Důležitý je způsob, jakým aplikace ukládá a zpracovává svá data. Označíme adresář, ve kterém se nachází samotná monitorovací aplikace monitorovani.cwx, za kořenový. V kořenovém adresáři se dále nacházejí dvě složky, s kterými aplikace pracuje – složka *database* a složka *www*. Ve složce *database* se nachází databázový soubor(y), do kterého každou minutu ukládáme hodnoty (pokud je ukládání zapnuto). Dále v této složce pravidelně vytváříme HTML a CSV soubory (pokud je ukládání zapnuto). Aktualizace CSV souborů probíhá každou minutu, aktualizace HTML souborů probíhá v různých intervalech (pro denní hodnoty po deseti minutách, pro měsíční hodnoty po třiceti minutách a pro roční hodnoty po třech hodinách). Zdůrazňme, že složka *database* není uživateli zvenčí (z webu) nijak přístupná. Uživateli je přístupná z webu až složka *www*, do které pravidelně přepokopírováváme soubory vytvořené ve složce *database*. Důvod, proč uživateli nezpřístupníme již složku *database* je kvůli následující situaci, která může nastat. Pokud by uživatel přistoupil k souboru v okamžiku, kdy by aplikace chtěla zapisovat do tohoto souboru, nemohla by do něj zapsat. Kvůli tomuto problému oddělujeme soubory, na ten do kterých aplikace zapisuje, a na ten ze kterých uživatel čte.

Pro úplnost zmiňme jakým způsobem předáváme naměřené a zpracované hodnoty uživateli. Předání je provedeno prostřednictvím webové stránky, kde si uživatel může vyžádat hodnoty z požadovaného dne, měsíce nebo roku (v podobě tabulek, grafu, statistik a CSV souborů). Program vytváří HTML, CSV soubory v průběhu měření. Pokud si klient (uživatel) vyžádá data prostřednictvím webu, server klientovi pouze předá odkaz na požadované soubory. Toto předání je velice rychlé a nezapřičinuje skrz aplikaci.

Může nastat situace, kdy je k dispozici databázový soubor (vytvořený monitorovacím programem), ale webový obsah ne. V této situaci stačí databázový soubor umístit do složky *database*, a spustit monitorovací program. Následně spustíme monitorovací program a otevřeme databázový soubor. Nyní stisknout tlačítko *Založ webový obsah*. To vytvoří kompletní webový obsah z otevřeného databázového souboru. Tato operace může být časově velmi náročná (závisí na velikosti databáze).

Laboratoř měření FSI A4/6

147.229.132.246/?Rok=2013&Mesic=4&Den=15&typzobrazeni=Tabulka

### FSI: Laboratoř měření A4/603

DATALAB IO TFA PRIMUS

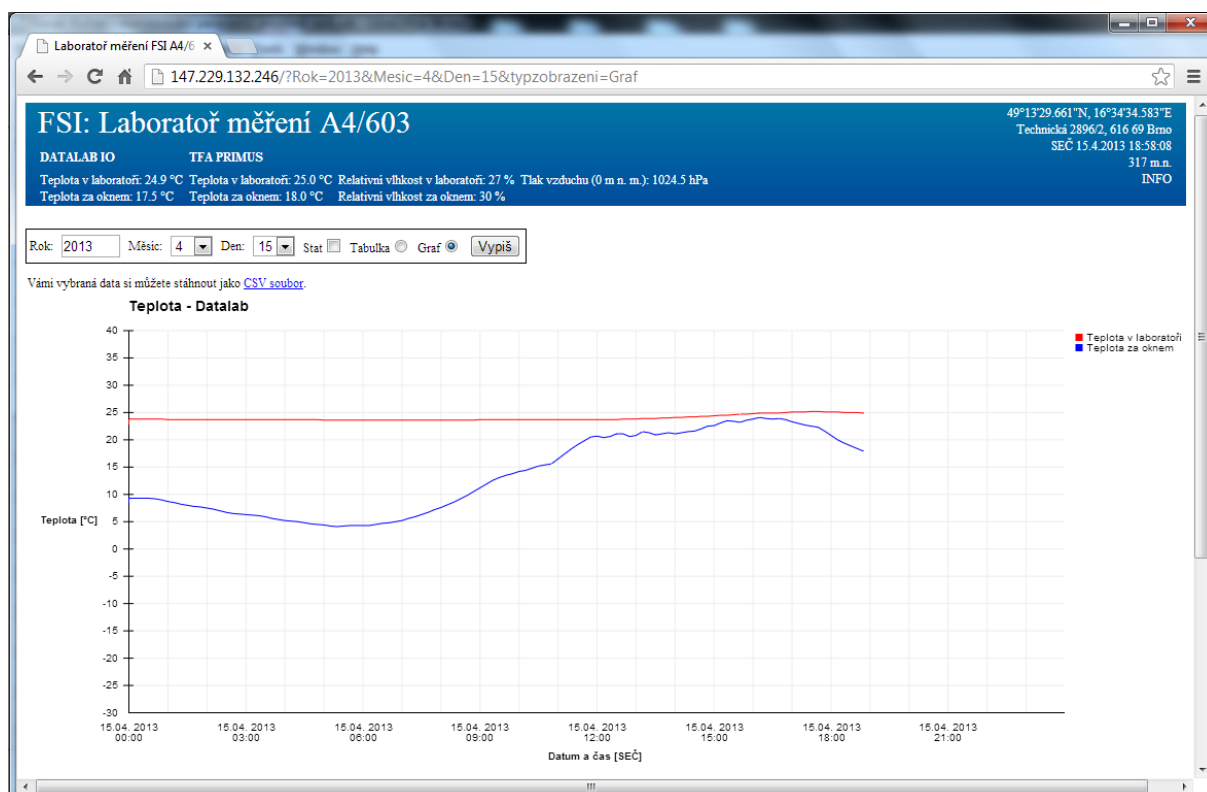
Teplota v laboratoři: 24.9 °C Teplota v laboratoři: 24.9 °C Relativní vlhkost v laboratoři: 27 % Tlak vzduchu (0 m n. m.): 1024.5 hPa  
 Teplota za oknem: 17.2 °C Teplota za oknem: 17.5 °C Relativní vlhkost za oknem: 31 %

Rok: 2013 Měsíc: 4 Den: 15 Stat Tabulka Graf Vypis

Vámi vybraná data si můžete stáhnout jako [CSV soubor](#).

DATUM A ČAS [SEC]	TEPLOTA V LABORATOŘI [°C]	TEPLOTA ZA OKNEM [°C]	TEPLOTA V LABORATOŘI TFA [°C]	TEPLOTA ZA OKNEM TFA [°C]	VLHKOST V LABORATOŘI [%]	VLHKOST ZA OKNEM [%]	TLAK 0 M N. M. [hPa]
15.4.2013 0:00:00	23,8	9,3	23,4	9,7	28	62	1028,6
15.4.2013 0:10:00	23,8	9,3	23,4	9,8	28	61	1028,6
15.4.2013 0:20:00	23,8	9,3	23,3	9,7	28	62	1028,6
15.4.2013 0:30:00	23,8	9,3	23,3	9,6	28	61	1028,6
15.4.2013 0:40:00	23,8	9,2	23,3	9,4	28	63	1028,4
15.4.2013 0:50:00	23,8	9	23,3	9	28	63	1028,4
15.4.2013 1:00:00	23,7	8,7	23,3	8,5	28	63	1028,5
15.4.2013 1:10:00	23,7	8,5	23,3	8,4	28	64	1028,3
15.4.2013 1:20:00	23,7	8,2	23,3	8,3	28	65	1028,4
15.4.2013 1:30:00	23,7	8	23,2	8,2	28	68	1028,2
15.4.2013 1:40:00	23,7	7,8	23,2	8	28	68	1028,3
15.4.2013 1:50:00	23,7	7,7	23,2	7,8	28	68	1028,2
15.4.2013 2:00:00	23,7	7,5	23,2	7,8	28	70	1028,3
15.4.2013 2:10:00	23,7	7,3	23,2	7,5	28	70	1028,2
15.4.2013 2:20:00	23,7	7	23,2	7	28	71	1028,3

Obr. 35: Webové stránky programu (tabulka) – přístup k datům.



Obr. 36: Webové stránky aplikace (graf) – přístup k datům.



## 4.2 Radiační štít pro venkovní teploměr

Měření venkovní teploty vzduchu je problém. Měření není přesné (zejména při přímém slunečním záření). Venkovní snímače jsou ovlivněny tepelným sáláním budovy a navíc přímým slunečním zářením v odpoledních hodinách (výsledky našich měření jsou shrnuty v příloze).

Řešením tohoto problému by byla volba jiného, vhodnějšího místa pro měření venkovní teploty vzduchu, spolu s dostatečným odstíněním teploměru (jak je popsáno v návrhu). V našem případě jsme se pokusili alespoň o výrobu radiačního štítu, který je určen pro snímač PTS110x (vložit lze i jiný snímač, vhodných rozměrů). Inspirace pro výrobu štítu byla brána z webových stránek meteostanice Nové Hamry - <http://www.volny.cz/novacihamry/meteo/bg/radiacni%20stít.pdf>. Jedná se o konstrukci radiačního štítu, který si je možno vyrobit v domácích podmínkách, při velice nízkých nákladech na materiál. Tyto konstrukce se snaží napodobit profesionální radiační štíty, například od firmy Davis – Obr. 38). Námi vyrobený radiační štít byl nainstalován 21.3. 2013 v odpoledních hodinách.



Obr. 37: Laboratoř A4/603 - radiační štíty.

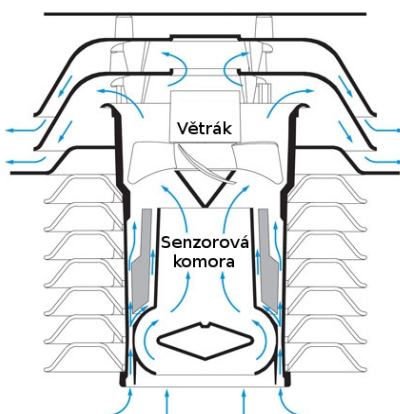
Základní části, které byly použity k výrobě radiačního štítu:

- 9 bílých plastových misek pod květináč (průměr 20 cm),
- novodurové trubky DN 80 a DN 120 (délka před úpravami cca 25 cm),
- závitová tyč M6 (délka 1 m),
- matice a distanční podložky M6 (mnoho),
- 4 šrouby, matice a podložky M4,
- 6 šroubů a podložek M6,
- kousek sítě ze silnější látky (sítka do oken),
- ventilátor od CPU (300 mA, 12V),
- slabí plech,
- pozinkovaný kov pro konzoli k uchycení štítu na rám okna.

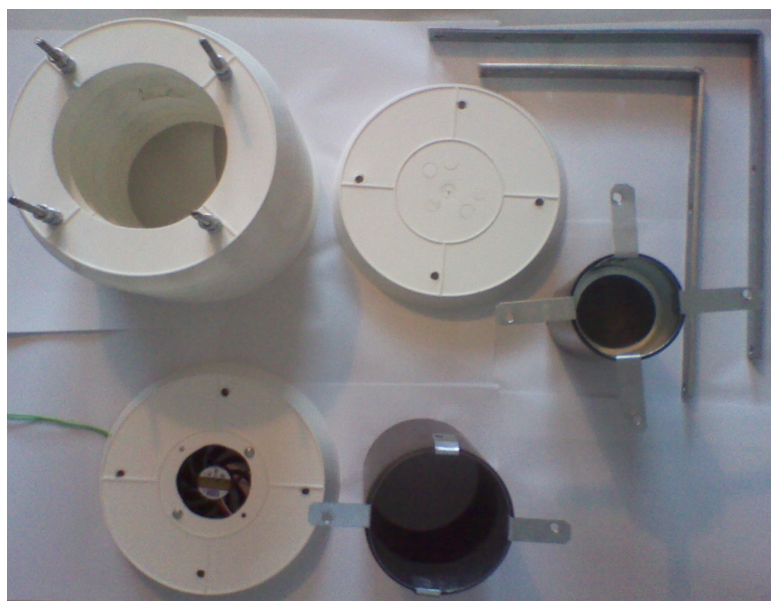
Základem radiačního štítu jsou bílé plastové misky pod květináče (ø20 cm). Do 7 misek jsme

vyřizli díru o průměru 13 cm, do jedné o průměru 5 cm a jednu jsme nechali v celku. Miska bez díry slouží jako ochrana vnitřní části štítu (senzorové komory) před deštěm. K misce s 5 cm dírou je za pomoci šroubků M4 přidělán ventilátor. Do misek byly vyvrtány 4 díry pro závitovou tyč, která spolu s maticemi a distančními podložkami umožní vytvoření vnější části štítu z jednotlivých misek. Do vnější části štítu jsou poté vloženy novodurové trubky. Novodurová trubka DN120 dosedne na misku, která má menší otvor (5 cm). Trubka je opatřena úchytem z plechu (viz. Obr. 39), který umožní uchycení trubky k závitovým tyčím. Stejným způsobem je řešeno přichycení novodurové trubky DN80. Ta by mohla dosednout až na ventilátor, což ale není žádoucí – byly by zablokovány rotory ventilátorku. Trubka DN80 je tedy mírně posunuta tak, aby ventilátor zablokován nebyl.

Výsledky měření venkovní teploty s radiačním štítem jsou shrnuty v příloze. Vložený ventilátor nebyl během měření aktivován. Pro jeho využití by bylo nutné vytvořit řídicí jednotku, která by ho spouštěla pouze v žádoucí okamžik. Nežádoucí okamžik by mohl nastat například v noci, kdy by mohlo dojít k přílišnému ochlazení teploměru. Nabízelo by se tedy například vytvoření spínače, který by ventilátor aktivoval pouze při intenzivním slunečním záření.



Obr. 38: Radiační štít Davis - schéma <sup>[38]</sup>



Obr. 39: Části námi vyrobeného radiačního štítu.



## ZÁVĚR

Cíle bakalářské práce, tak jak byly zadány, byly dosaženy v požadovaném rozsahu. V práci jsem popsal parametry prostředí, které mohou velmi výrazně ovlivnit pohodu člověka i výsledky měření v technické praxi. V práci uvádím a popisuji možnosti, metody a prostředky pro monitorování parametrů prostředí.

Díky úrovni dnešní techniky je vhodné využít automatizované systémy pro sledování prostředí. Jejich výhodou je především objektivnost a přístupnost naměřených dat. Oproti klasickým přístrojům pro měření umožňují pohodlnou správu naměřených údajů přímo v počítači. Výhodou je možnost distribuovat naměřená data prostřednictvím sítě Internet prakticky kamkoliv. Měřená data mohou být k dispozici na jakémkoli počítači, který má přístup k naměřeným datům. Eliminují chybu, která může vzniknout u klasických přístrojů vlivem lidského faktoru. Tedy chyba, která může vzniknout při špatném odečtu z klasického přístroje. Tyto systémy jsou využívány pro řízení parametrů prostředí. Jsou nezbytné například pro řízení klimatizací, které zajišťují dobrou tepelnou pohodu pro člověka. Umožňují zajištění dobré kvality prostředí pro různé technologické procesy, prostřednictvím řízení parametrů. Práce se zabývá dostupnými komerčními výrobky, které jsou vhodné pro monitorování parametrů prostředí. Zmiňuje prostředky určené pro sledování malých oblastí v rozsahu jedné místnosti, až po rozsáhlé komplexy. Také navrhuje řešení, které by bylo možné použít pro modelovou úlohu.

Cílem práce byl návrh monitorování pro laboratoř. Ten se podařilo uskutečnit i realizovat. Nepřetržité měření bylo spuštěno 3. prosince 2012. Laboratorní model zpřístupňuje naměřené hodnoty prostřednictvím sítě Internet uživateli. K prohlížení naměřených hodnot stačí Internetový prohlížeč. Hodnoty z archivu jsou k dispozici v podobě tabulek, grafů, případně jsou hodnoty ke stažení v podobě CSV souboru. Model se zakládá na vývojovém prostředí Control Web. Slučuje možnosti měření parametrů prostředí s pomocí bezdrátové meteostanice TFA Primus a jednotky Datalab s příslušnými snímači. Umožňuje měření teploty, vlhkosti vzduchu a barometrického tlaku v prostředí laboratoře a za jejími okny.

Laboratorní model je možné využít pro dlouhodobé sledování parametrů prostředí. Uplatnění může najít především při měřeních, kde je zapotřebí výsledky korigovat vzhledem k parametrům prostředí. Zejména teplota vzduchu v laboratoři může velmi negativně působit na výsledky experimentů a měření. V různé časové okamžiky a zároveň při různých stavech prostředí může dojít při dodržení stejného měřicí postupu se stejnými prostředky k rozdílným výsledkům měření. Velmi výrazný rozdíl naměřených hodnot by mohl například nastat při porovnání zimních a letních výsledků. V zimním období může být teplota vzduchu v laboratoři 19 °C, v létě však může stoupat až ke 30 °C. Podobná situace může nastat při porovnání ranních a odpoledních výsledků měření. Ráno může být v laboratoři chladněji oproti odpoledním hodinám, kdy do oken směřovaných na západ začne pronikat sluneční záření. V příloze práce jsou shrnuty průměrné, maximální a minimální naměřené hodnoty parametrů prostředí v laboratoři. Uvedeny jsou možné vybrané vlivy parametrů prostředí na měření.

Součástí laboratorního modelu jsou snímače umístěné za oknem laboratoře, kde probíhá monitorování teploty a relativní vlhkosti vzduchu. Naměřené hodnoty jsou negativně ovlivněny umístěním snímačů. Snímače jsou nainstalovány v šestém patře na rám oken, která směřují na západ. Sluneční záření v odpoledních hodinách způsobí výrazné zkreslení měřených venkovních hodnot. Dalším negativním vlivem je tepelné sálání budovy i nestandardní umístění snímačů ve výšce 6. nadzemního patra budovy. Výsledky sledování venkovního prostředí jsou shrnuty v příloze práce. Tyto výsledky byly také porovnány s měřením meteorologické stanice Fakulty stavební VUT v Brně, která se nachází nedaleko Fakulty strojního inženýrství. Za období leden až 21. březen 2013 dosáhl nejméně přesných výsledků venkovní teploměr, který nebyl opatřen radiačním štítem. Byly u něj zjištěny rozdíly od stanice FAST až o 30 °C, nejčtenější rozdíly byly v rozsahu (2;3> °C. Venkovní snímač teploty vlhkosti meteostanice TFA Primus, který je opatřen radiačním štítem dosáhl největšího rozdílu od stanice FAST 15 °C. Nejčtenější rozdíl byl (1;2> °C. Dne 21.3.2013 v odpoledních hodinách byl nainstalován námi vyrobený radiační štít na venkovní teploměr, který do té doby ničím krytý. Za období 22.3. 2013 až 31.3. 2013 se ukázal jako nejpreciznější snímač s naším radiačním štítem, kde jsme zjistili nejčtenější odchylku (1;2> °C a nejvyšší odchylku od stanice FAST 6 °C.

Naproti tomu u snímače TFA byl zjištěn nejvyšší rozdíl od stanice FAST až 13 °C a největší odchylku od meteostanice FAST (2;3> °C. Venkovní teploměr, který je opatřen našim radiačním štítem, je z použitých prvků v rámci možností nejpřesnější. U vyrobeného radiačního štítu by bylo možné zvýšit účinnost odstínění slunečního záření použitím ventilátoru. Nutné by však bylo vyzkoušet, v jakých okamžicích a jak intenzivně je třeba štít ventilátorem chladit (aby nedošlo k výraznému podchlazení teploměru). Pak by bylo třeba navrhnout vhodnou řídicí jednotku pro ventilátor.

Celé řešení modelu bylo směřováno především pro monitorování vnitřního prostředí laboratoře. Z tohoto důvodu nebylo primárně vyhledáno vhodnější místo pro umístění venkovních snímačů. Pro dosažení přesných výsledků měření venkovních parametrů lze doporučit řešení, která využívají profesionální meteorologické stanice. Tedy měření venkovních parametrů prostředí ve volném prostranství, kde se alespoň v okruhu 10m nevyskytují žádné budovy a jiné vysoké překážky. Měření venkovní teploty a vlhkosti vzduchu obvykle probíhá v meteorologických budkách, které jsou ve standardní výšce 2m nad zemí. Sledovaným venkovním parametrem by mohla být intenzita slunečního záření, množství srážek, rychlost proudění vzduchu. Poté bychom mohli například sledovat závislosti jednotlivých parametrů (vlivy rychlosti proudění vzduchu, intenzity sluneční radiace na měření teploty v radiačním štítu (potažmo v budce), atd.).

Model v laboratoři by bylo možné vylepšit o snímač proudění vzduchu, jehož podmínkou by byla všesměrovost. Řešení v podobě mechanického anemometru by nebylo dostačující, jelikož by nemusel zachytit všechny směry proudění vzduchu. Dále bychom mohli doporučit nainstalování kulového teploměru do laboratoře. Pokud bychom mimo realizovaných měření, sledovali dále střední radiační teplotu a rychlost proudění vzduchu, mohli bychom vyhodnotit prostředí z hlediska tepelné pohody člověka. Sledování parametrů z hlediska tepelné pohody člověka by mohlo sloužit k realizaci řízení parametrů prostředí za pomoci klimatizace. Pomocí ní bychom byli schopni udržovat konstantní hodnoty vybraných parametrů prostředí.

Realizovaný model by bylo možné doplnit o nastíněné doplňkové možnosti. Avšak při změně konfigurace modelu (např. přidání/odebrání nového snímače) je nutné provést úpravy v kódu programu. Z tohoto hlediska by bylo vhodné navrhnout monitorovací program více univerzální. Abychom mohli měnit složení modelu pouze v uživatelském rozhraní, bez složitějších zásahů do kódu programu. Zajímavou možností by bylo umožnit programu komunikaci mezi více měřicími stanovišti. Na stanovišti by se mohl nacházet například datalogger, který by přeposílal naměřené hodnoty do centrálního počítače. Hodnoty ze z jednotlivých stanovišť by centrální počítač mohl šířit podobně jako v našem modelu prostřednictvím Internetu. Vhodné by bylo naprogramování klientského programu, který by umožnil práci s větším množstvím naměřených dat, než umožňuje webový prohlížeč.



## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] NOVÝ, Richard. *Technika prostředí*. Vyd. 2., přeprac. V Praze: Nakladatelství ČVUT, 2006, 267 s. ISBN 80-010-3492-5
- [2] CHUDÝ, Vladimír. *Meranie technických veličín*. 1. vyd. Bratislava: STU, 1999, 689 s. ISBN 80-227-1275-2.
- [3] GLIVICKÝ, Vladimír a Jarmila PAVLÍKOVÁ. *Fyzikální parametry pracovního prostředí*. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce, 1976, s. 16.
- [4] HALLIDAY, David, Robert RESNICK a Jearl WALKER. *Fyzika: vysokoškolská učebnice obecné fyziky*. Vyd. 1. Praha: Prometheus, 2000. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 80-214-1869-9
- [5] PAVELEK, Milan a ŠTĚTINA. *Experimentální metody v technice prostředí*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2007, 215 s. ISBN 978-80-214-3426-4
- [6] JENČÍK, Josef a Jaromír VOLF. *Technická měření*. Vyd. 1. Praha: ČVUT, Strojní fakulta, 2003, 212 s. ISBN 80-010-2138-6.
- [7] Resistance thermometer. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [2013-03-03]. Dostupné z: [http://en.wikipedia.org/wiki/Resistance\\_thermometer](http://en.wikipedia.org/wiki/Resistance_thermometer)
- [8] Polovodičový odporový teploměr. *MODERNÍ MĚŘENÍ A REGULACE ENERGETICKÝCH VELIČIN* [online]. BRNO, 2003 [cit. 2013-03-03]. Dostupné z: <http://www.e-automatizace.cz/ebooks/mmr/0322c-OdpTermist.htm>
- [9] VDOLEČEK, František. *TECHNICKÁ MĚŘENÍ* [online]. 2002 [cit. 2013-03-04]. Dostupné z: <http://autnt.fme.vutbr.cz/lab/a1-731a/ETC.pdf>
- [10] Aneroid barometer - Images. *Images* [online]. 2010 [cit. 2013-03-04]. Dostupné z: <http://images.yourdictionary.com/aneroid-barometer>
- [11] Elektrická zařízení v extrémních podmínkách. MINDL, Pavel. *TZB-info* [online]. 2005 [cit. 2013-03-04]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/2918-elektricka-zarizeni-v-extremnich-podminkach>
- [12] GLIVICKÝ, Vladimír a Jarmila PAVLÍKOVÁ. *Fyzikální parametry pracovního prostředí*. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce.
- [13] Anemometry. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2013-03-05]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Anemometr>
- [14] Vliv světla a osvětlení na člověka. MATOUŠEK, Jiří. *TZB-info* [online]. 2004 [cit. 2013-03-06]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/1794-vliv-svetla-a-osvetleni-na-cloveka>
- [15] ŠVEC, Jiří. *RADIOAKTIVITA A IONIZUJÍCÍ ZÁŘENÍ* [online]. Ostrava, 2005, <http://www.fbi.vsb.cz/miranda2/export/sites-root/fbi/050/cs/sys/resource/PDF/studijni-materialy/zareni.pdf> [cit. 2013-03-07].
- [16] Odpor vodiče v závislosti na teplotě. *Sbírka řešených úloh z fyziky* [online]. 2011 [cit. 2013-03-23]. Dostupné z: <http://fyzikalniulohy.cz/uloha.php?uloha=92>

- [17] Geigerův-Müllerův počítač. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2013-03-24]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Geiger%C5%AFv-M%C3%BCller%C5%AFv\\_po%C4%8D%C3%ADta%C4%8D](http://cs.wikipedia.org/wiki/Geiger%C5%AFv-M%C3%BCller%C5%AFv_po%C4%8D%C3%ADta%C4%8D)
- [18] Pyranometer. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2013-03-24]. Dostupné z: <http://en.wikipedia.org/wiki/Pyranometer>
- [19] HALM, Martin. *Modul pro řízení a sběr dat z pyranometru* [online]. Brno, 2012 [cit. 2013-03-24]. Dostupné z: <https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/12817/Diplomov%C3%A1%20pr%C3%A1ce%20Martin%20Halm.pdf?sequence=1>. Diplomová. Vysoké učení technické v Brně.
- [20] C.T.M. Praha, s.r.o. *Sluneční záření: SG pyranometr* [online]. 2013 [cit. 2013-03-24]. Dostupné z: <http://ctmp Praha.cz/slunecni-zareni.html>
- [21] Zvuk. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2013-03-25]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Zvuk>
- [22] Sluch, muzikantův přítel i nepřítel. JIRSÁK, Martin a Jan STĚNIČKA. *Audified* [online]. [cit. 2013-03-25]. Dostupné z: <http://www.audified.com/projekt/vavcjamu/page58/page69/page69.html>
- [23] Inteligentní monitorovací stanice hluku 01dB DUO. *TR instruments* [online]. [cit. 2013-03-25]. Dostupné z: <http://www.trinstruments.cz/inteligentni-monitorovaci-stance-hluku-01db-duo>
- [24] KELEMEN, Michal a Tatiana MATÁŠOVSKÁ. Meranie koncentrácie prachu v prostredí. *Automa* [online]. 2004, roč. 2004, č. 12 [cit. 2013-03-25]. Dostupné z: [http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id\\_document=32669](http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=32669)
- [25] VRBA, Jan. Jak (ne)bezpečné je elektromagnetické pole?. *HW.cz* [online]. 2012 [cit. 2013-03-25]. Dostupné z: <http://www.hw.cz/teorie-a-praxe/jak-nebezpecne-je-elektromagneticke-pole.html>
- [26] Hallův jev. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2013-03-25]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Hall%C5%AFv\\_jev](http://cs.wikipedia.org/wiki/Hall%C5%AFv_jev)
- [27] Vibrace a lidský organismus. *WikiSkripta* [online]. [cit. 2013-03-25]. Dostupné z: [http://www.wikiskripta.eu/index.php/Vibrace\\_a\\_lidsk%C3%BD\\_organismus](http://www.wikiskripta.eu/index.php/Vibrace_a_lidsk%C3%BD_organismus)
- [28] ZUTH, Daniel a František VDOLEČEK. Měření vibrací ve vibrodiagnostice. *Automa: časopis pro automatizační techniku* [online]. Praha: FCC Public, 2010, č. 1 [cit. 2013-03-25]. Dostupné z: [http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id\\_document=40375](http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=40375)
- [29] TABULKY FYZIKÁLNÍCH KONSTANT. In: SCHAUER, Pavel. *Ústav fyziky FAST VUT* [online]. 2001- [cit. 2013-03-25]. Dostupné z: [http://fyzika.fce.vutbr.cz/doc/vyuka\\_schauer/tabulky.pdf](http://fyzika.fce.vutbr.cz/doc/vyuka_schauer/tabulky.pdf)
- [30] Bezdrátová meteostanice Primus. In: *Conrad* [online]. 2011 [cit. 2013-03-25]. Dostupné z: [http://www2.produktinfo.conrad.com/datenblaetter/650000-674999/672137-an-01-cs-Profi\\_meteostanice\\_Primus.pdf](http://www2.produktinfo.conrad.com/datenblaetter/650000-674999/672137-an-01-cs-Profi_meteostanice_Primus.pdf)
- [31] Introduction to Data Loggers. *Omega* [online]. 2003- [cit. 2013-03-26]. Dostupné z: <http://www.omega.com/prodinfo/dataloggers.html>
- [32] Dataloggery. *COMET SYSTEM, s.r.o.* [online]. 1991- [cit. 2013-03-27]. Dostupné z: <http://www.cometsystem.cz/produkty/dataloggery>

- [33] R0110 Teploměr s vnitřním čidlem. *COMET SYSTEM, s.r.o.* [online]. 1991- [cit. 2013-03-27]. Dostupné z: <http://www.cometsystem.cz/produkty/dataloggery/r0110-teplomer-s-vnitrnim-cidlem/reg-R0110#download>
- [34] S0841 Teploměr dvoukanalový s 2 bin.vstupy. *COMET SYSTEM, s.r.o.* [online]. 1991- [cit. 2013-03-27]. Dostupné z: <http://www.cometsystem.cz/produkty/dataloggery/s0841-teplomer-dvoukanalovy-s-2-bin-vstupy/reg-S0841#features>
- [35] Převodníky signálů. *Omega* [online]. 1995- [cit. 2013-03-27]. Dostupné z: <http://www.omegaeng.cz/prodinfo/SignalConditioners.html>
- [36] Převodníky teplota - proud STI. *Sensit* [online]. 2010- [cit. 2013-03-27]. Dostupné z: <http://www.sensit.cz/sortiment/prevodniky-teplota-proud.php>
- [37] IDRN/iDRX Série: Převodníky na lištu DIN konfigurovatelné z PC - RS-232/RS-485. *Omega* [online]. 1995- [cit. 2013-03-27]. Dostupné z: <http://www.omegaeng.cz/ppt/pptsc.asp?ref=DRN-DRX&Nav=dasc01>
- [38] KOCHANÍČEK, Ludvík. Nejpoužívanější snímače v automatizaci. *Internetový portál COPTEL* [online]. 2010 [cit. 2013-03-27]. Dostupné z: <http://coptel.coptkm.cz/index.php?action=2&doc=7943>
- [39] KREIDL, Marcel a Ďaďo STANISLAV. Jak správně používat termíny v senzorce. *Automatizace: Odborný časopis pro automatizaci, měření a inženýrskou informatiku* [online]. 2005, č. 4 [cit. 2013-03-27]. Dostupné z: <http://www.automatizace.cz/article.php?a=632>
- [40] Snímače řady SD 11x – inteligentní snímače teploty pro venkovní prostředí. *Sensit* [online]. 2010- [cit. 2013-03-27]. Dostupné z: <http://www.sensit.cz/sortiment/snimace-teploty-SD11.php>
- [41] MS55D měřicí a záznamová ústředna. In: *Comet system* [online]. 1991- [cit. 2013-03-27]. Dostupné z: [http://www.cometsystem.cz/produkty/monitorovaci-systemy/ms55d-merici-a-zaznamova-ustredna/reg-MS55D#optional\\_accessories](http://www.cometsystem.cz/produkty/monitorovaci-systemy/ms55d-merici-a-zaznamova-ustredna/reg-MS55D#optional_accessories)
- [42] DataLab PC/IO. *Moravské přístroje a.s.* [online]. 2013 [cit. 2013-03-29]. Dostupné z: <http://www.mii.cz/cat?id=83&lang=405>
- [43] Zásuvné karty do PC: Karty analogových vstupů a multifunkční karty. *Omega* [online]. 1995- [cit. 2013-03-29]. Dostupné z: <http://www.omegaeng.cz/shop/subsectionSC.asp?subsection=D01&book=DAS>
- [44] USB: Převodníky (konvertory) mezi USB a ostatními datovými komunikačními linkami. *Papouch* [online]. 2005- [cit. 2013-03-29]. Dostupné z: <http://www.papouch.com/cz/shop/products/prevodniky/usb/>
- [45] DataLab IO. *Moravské přístroje a.s.* [online]. 2013 [cit. 2013-03-29]. Dostupné z: <http://www.mii.cz/cat?id=77&lang=405>
- [46] Průmyslové sběrnice. *Návrh elektronických strojů* [online]. s. 22 [cit. 2013-03-29]. Dostupné z: [http://www.umel.feec.vutbr.cz/mnen/Files/kap\\_4.pdf](http://www.umel.feec.vutbr.cz/mnen/Files/kap_4.pdf)
- [47] Co je Control Web?. *Moravské přístroje a.s.* [online]. 2010 [cit. 2013-03-29]. Dostupné z: <http://www.mii.cz/art?id=380&cat=146%E2%8C%A9=405>

- [48] Osobní počítač. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2013-03-12]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Osobn%C3%AD\\_po%C4%8D%C3%ADta%C4%8D](http://cs.wikipedia.org/wiki/Osobn%C3%AD_po%C4%8D%C3%ADta%C4%8D)
- [49] Snímače teploty do interiéru: 07.12. *Sensit* [online]. 2012, s. 3 [cit. 2013-03-12]. Dostupné z: [http://www.sensit.cz/ke-stazeni/soubory/07\\_12.pdf](http://www.sensit.cz/ke-stazeni/soubory/07_12.pdf)
- [50] Snímače teploty do interiéru: 08.13. *Sensit* [online]. 2013, s. 3 [cit. 2013-03-12]. Dostupné z: [http://www.sensit.cz/ke-stazeni/soubory/08\\_13.pdf](http://www.sensit.cz/ke-stazeni/soubory/08_13.pdf)
- [51] Conrad: Bezdrátová meteostanice TFA Primus. In: [online]. [cit. 2013-03-12]. Dostupné z: <http://www.conrad.cz/bezdratova-meteostanice-tfa-primus.k672137#>
- [52] *Datalab IO Manual CZ* [online]. 2012 [cit. 2013-03-12]. Dostupné z: DataLab IO: Manual CZ. 2012. Dostupné z: <http://www.mii.cz/download/datalab/cze/DataLab%20IO%20Manual%20CZ.pdf>
- [53] Bios a nastavení - konec spekulací (2. část). *Pctuning* [online]. 2004 [cit. 2013-03-12]. Dostupné z: [http://pctuning.tyden.cz/software/nastaveni-biosu/4199-bios\\_a\\_nastaveni-konc\\_spekulacim\\_2\\_cast](http://pctuning.tyden.cz/software/nastaveni-biosu/4199-bios_a_nastaveni-konc_spekulacim_2_cast)
- [54] Zapnutí automatického přihlášení v systému Windows XP. *Technická podpora Microsoft online* [online]. 2010 [cit. 2013-03-12]. Dostupné z: <http://support.microsoft.com/kb/315231/cs>
- [55] MSConfig. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2013-03-13]. Dostupné z: <http://en.wikipedia.org/wiki/MSConfig>
- [56] Odporové snímače teploty: Příručka *Sensit* [online]. 2011 [cit. 2013-03-12]. Dostupné z: [http://www.sensit.cz/ke-stazeni/soubory/Prirucka\\_CZ\\_A5\\_2012\\_08.pdf](http://www.sensit.cz/ke-stazeni/soubory/Prirucka_CZ_A5_2012_08.pdf)
- [57] Heavy Weather Pro WS2800 Series Software Release No tes. In: *La Crosse Technology* [online]. 2011 [cit. 2013-03-13]. Dostupné z: [http://www.lacrossetechnology.com/software/Heavy\\_Weather\\_Pro\\_WS2800\\_Series\\_Release\\_Notes.pdf](http://www.lacrossetechnology.com/software/Heavy_Weather_Pro_WS2800_Series_Release_Notes.pdf)
- [58] STŘEHOT, Petr. Meteorologické stanice a přístroje. In: *Amatérské prohlídky oblohy* [online]. Meteorologická Operativní Rada, 2002- [cit. 2013-03-13]. Dostupné z: [http://archiv.astronomie.cz/data/Met\\_stanapistr.pdf](http://archiv.astronomie.cz/data/Met_stanapistr.pdf)
- [59] Stručně o meteorologických stanicích. *Meteorologická stanice Maruška: Hostýnské vrchy* [online]. 2006- [cit. 2013-03-15]. Dostupné z: [http://maruska.ordoz.com/meteorologie/meteorologicke\\_stanice](http://maruska.ordoz.com/meteorologie/meteorologicke_stanice)
- [60] Popis a modelování teplotních diferencí mezi manuálním měřením v budce a automatickým měřením pod štítem. In: *Portál ČHMI* [online]. 2010 [cit. 2013-03-15]. Dostupné z: [http://old.chmi.cz/OS/metspol/prednasky/Mozny\\_budka\\_vs\\_AMS.pdf](http://old.chmi.cz/OS/metspol/prednasky/Mozny_budka_vs_AMS.pdf)
- [61] Nova Lynx: Radiation shield. In: *Nova Lynx* [online]. 2010 [cit. 2013-03-15]. Dostupné z: <http://www.novalynx.com/pdf/380-shields.pdf#page=2>
- [62] Radiační aspirační štít denní - 7747. *Meteo shop* [online]. 2010- [cit. 2013-03-15]. Dostupné z: <http://www.meteoshop.cz/denni-aspiracni-radiacni-stit-7747-p-388.html>
- [63] Weather Club E-News. *Davis* [online]. 2010 [cit. 2013-03-15]. Dostupné z: [http://www.davisnet.com/news/enews/e\\_news\\_archive/2010-12.asp](http://www.davisnet.com/news/enews/e_news_archive/2010-12.asp)
- [64] METEOROLOGICKÁ STANICE FAST VUT V BRNĚ. *Fakulta Stavební VUT v Brně* [online].

1994- [cit. 2013-04-12]. Dostupné z: <http://www.fce.vutbr.cz/vhk/meteo.html>



**Seznam příloh:**

<b>1</b>	<b>Obsah kompaktního disku.....</b>	<b>65</b>
<b>2</b>	<b>Fyzikální tabulky.....</b>	<b>67</b>
<b>3</b>	<b>Vnitřní prostředí laboratoře A4/603.....</b>	<b>71</b>
<b>4</b>	<b>Vliv parametrů prostředí laboratoře.....</b>	<b>77</b>
<b>5</b>	<b>Venkovní prostředí laboratoře A4/603 .....</b>	<b>78</b>





## **1 OBSAH KOMPAKTNÍHO DISKU**

- Elektronická verze bakalářské práce (PDF)
- Monitorovací program
- Dokumentace prvků modelu (firemní literatura)
- Fotografie (venkovní prostředí, radiační štít)
- Naměřené hodnoty



## 2 FYZIKÁLNÍ TABULKY

Tabulka 1: Teplotní závislost hustoty destilované vody [ $\text{kg.m}^{-3}$ ] <sup>[29]</sup>

$t$ [°C]	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8
0	999.8426	999.8558	999.8683	999.8801	999.8912
1	999.9015	999.9112	999.9202	999.9284	999.9360
2	999.9429	999.9491	999.9546	999.9595	999.9636
3	999.9672	999.9700	999.9722	999.9738	999.9747
4	999.9750	999.9746	999.9736	999.9719	999.9696
5	999.9668	999.9632	999.9591	999.9544	999.9400
6	999.9430	999.9365	999.9293	999.9216	999.9132
7	999.9043	999.8948	999.8847	999.8740	999.8627
8	999.8500	999.8385	999.8256	999.8121	999.7980
9	999.7834	999.7682	999.7525	999.7362	999.7194
10	999.7021	999.6842	999.6658	999.6468	999.6274
11	999.6074	999.5869	999.5658	999.5443	999.5222
12	999.4996	999.4766	999.4530	999.4289	999.4043
13	999.3792	999.3536	999.3276	999.3010	999.2740
14	999.2464	999.2184	999.1899	999.1609	999.1315
15	999.1016	999.0712	999.0403	999.0090	998.9772
16	998.9450	998.9123	998.8791	998.8455	998.8114
17	998.7769	998.7419	998.7065	998.6706	998.6343
18	998.5976	998.5604	998.5228	998.4847	998.4462
19	998.4073	998.3680	998.3282	998.2880	998.2474
20	998.2063	998.1649	998.1230	998.807	998.0380
21	997.9948	997.9513	997.9073	997.8630	997.8182
22	997.7730	997.7275	997.6815	997.6351	997.5883
23	997.5412	997.4936	997.4456	997.3973	997.3485
24	997.2994	997.2499	997.2000	997.1487	997.0090
25	997.0480	996.9965	996.9447	996.8925	996.8399
26	996.7870	996.7337	996.6800	996.6259	996.5714
27	996.5166	996.4615	996.4059	996.3500	996.2938
28	996.2371	996.1801	996.1228	996.0651	996.0070
29	995.9486	995.8898	995.8306	995.7712	995.7113
30	995.6511	995.5906	995.5297	995.4685	995.4069
31	995.3450	995.2827	995.2201	995.1572	995.0939
32	995.0302	994.9663	994.9020	994.8373	994.7724
33	994.7071	994.6414	994.5755	994.5092	994.4425
34	994.3756	994.3083	994.2407	994.1728	994.1045
35	994.0359	993.9671	993.8978	993.8283	993.7585

Tabulka 2: Závislost hustoty vzduchu na tlaku a teplotě [ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ] <sup>[29]</sup>

$t$ [°C]	$p$ [kPa]											
-	93	94	95	96	97	98	99	100	101	101.325	102	103
0	1.187	1.200	1.213	1.225	1.238	1.251	1.264	1.276	1.289	1.293	1.302	1.315
5	1.166	1.178	1.191	1.203	1.216	1.228	1.241	1.253	1.266	1.270	1.278	1.291
10	1.145	1.157	1.170	1.182	1.194	1.206	1.219	1.231	1.243	1.247	1.256	1.268
11	1.141	1.153	1.165	1.178	1.190	1.202	1.214	1.227	1.239	1.243	1.251	1.264
12	1.137	1.149	1.161	1.174	1.186	1.198	1.210	1.222	1.235	1.239	1.247	1.259
13	1.133	1.145	1.157	1.169	1.182	1.194	1.206	1.218	1.230	1.234	1.243	1.255
14	1.129	1.141	1.153	1.165	1.177	1.190	1.202	1.214	1.226	1.230	1.238	1.250
15	1.125	1.137	1.149	1.161	1.173	1.185	1.198	1.210	1.222	1.226	1.234	1.246
16	1.121	1.133	1.145	1.157	1.169	1.181	1.193	1.205	1.218	1.221	1.230	1.242
17	1.117	1.129	1.141	1.153	1.165	1.177	1.189	1.201	1.213	1.217	1.225	1.237
18	1.113	1.125	1.137	1.149	1.161	1.173	1.185	1.197	1.209	1.231	1.221	1.233
19	1.110	1.121	1.133	1.145	1.157	1.169	1.181	1.193	1.205	1.209	1.217	1.229
20	1.106	1.118	1.130	1.141	1.153	1.165	1.177	1.189	1.201	1.205	1.213	1.225
21	1.102	1.114	1.126	1.138	1.149	1.161	1.173	1.185	1.197	1.201	1.209	1.220
22	1.098	1.110	1.122	1.134	1.145	1.157	1.169	1.181	1.193	1.197	1.205	1.216
23	1.095	1.106	1.118	1.130	1.142	1.153	1.165	1.177	1.189	1.193	1.200	1.212
24	1.091	1.103	1.114	1.126	1.138	1.149	1.161	1.173	1.185	1.189	1.196	1.208
25	1.087	1.099	1.111	1.122	1.134	1.146	1.157	1.169	1.181	1.185	1.192	1.204
26	1.084	1.095	1.107	1.119	1.130	1.142	1.153	1.165	1.177	1.181	1.188	1.200
27	1.080	1.092	1.103	1.115	1.126	1.138	1.150	1.161	1.173	1.177	1.184	1.196
28	1.076	1.088	1.099	1.111	1.123	1.134	1.146	1.157	1.169	1.173	1.181	1.192
29	1.073	1.084	1.096	1.107	1.119	1.130	1.142	1.154	1.165	1.169	1.177	1.188
30	1.069	1.081	1.092	1.104	1.115	1.127	1.138	1.150	1.161	1.165	1.173	1.184

Tabulka 3: Závislost dynamické viskozity vody na teplotě <sup>[29]</sup>

$t$ [°C]	$\eta$ [ $10^{-3}$ Pa.s]	$t$ [°C]	$\eta$ [ $10^{-3}$ Pa.s]	$t$ [°C]	$\eta$ [ $10^{-3}$ Pa.s]	$t$ [°C]	$\eta$ [ $10^{-3}$ Pa.s]	$t$ [°C]	$\eta$ [ $10^{-3}$ Pa.s]
1	1.728	11	1.271	21	0.978	31	0.781	41	0.641
2	1.671	12	1.235	22	0.955	32	0.765	42	0.629
3	1.618	13	1.202	23	0.933	33	0.749	43	0.618
4	1.567	14	1.169	24	0.911	34	0.734	44	0.607
5	1.519	15	1.139	25	0.890	35	0.719	45	0.596
6	1.472	16	1.109	26	0.871	36	0.705	46	0.586
7	1.428	17	1.081	27	0.851	37	0.692	47	0.576
8	1.386	18	1.053	28	0.833	38	0.678	48	0.565
9	1.346	19	1.027	29	0.815	39	0.665	49	0.556
10	1.307	20	1.002	30	0.798	40	0.653	50	0.547

Tabulka 4: Teplotní závislost povrchového napětí  $\sigma$  a dynamické viskozity  $\eta$  destilované vody při tlaku 105 Pa <sup>[29]</sup>

$t$ [°C]	$\eta$ [ $10^{-3}$ Pa.s]	$\sigma$ [ $10^{-3}$ N.m <sup>-1</sup> ]	$t$ [°C]	$\eta$ [ $10^{-3}$ Pa.s]	$\sigma$ [ $10^{-3}$ N.m <sup>-1</sup> ]
0	1.7865	75.6	40	0.6540	69.6
5	1.5138	74.9	50	0.5477	67.9
10	1.3037	74.2	60	0.4674	66.2
15	1.1369	73.5	70	0.4048	64.4
20	1.0019	72.8	80	0.3554	62.6
25	0.8909	72.0	90	0.3155	60.7
30	0.7982	71.2	100	0.2829	58.8

Tabulka 5: Bod varu vody v závislosti na tlaku <sup>[29]</sup>

$p$ [ $10^5$ Pa]	$t$ [°C]	$p$ [ $10^5$ Pa]	$t$ [°C]	$p$ [ $10^5$ Pa]	$t$ [°C]
0.900	96.71	0.960	98.49	1.020	100.19
0.905	96.86	0.965	98.63	1.025	100.32
0.910	97.02	0.970	98.78	1.030	100.46
0.915	97.16	0.975	98.93	1.035	100.60
0.920	97.32	0.980	99.07	1.040	100.73
0.925	97.46	0.985	99.21	1.045	100.86
0.930	97.61	0.990	99.35	1.050	101.00
0.935	97.76	0.995	99.49	1.055	101.13
0.940	97.98	1.000	99.63	1.060	101.27
0.945	98.06	1.005	99.77	1.065	101.40
0.950	98.20	1.010	99.91	1.070	101.53
0.955	98.35	1.015	100.05	1.075	101.66

Tabulka 6: Teplotní závislost tlaku nasycené vodní páry <sup>[29]</sup>

$t$ [°C]	$p$ [Pa]	$t$ [°C]	$p$ [Pa]	$t$ [°C]	$p$ [Pa]	$t$ [°C]	$p$ [Pa]
-30	38.1	5	872.3	25	3167.7	62	21838.1
-25	63.5	6	935.0	26	3361.0	64	23904.6
-20	103.5	7	1001.6	27	3565.0	66	26144.4
-15	165.5	8	1072.6	28	3779.7	68	28557.6
-12	217.6	9	1147.8	30	4242.3	70	31157.4
-10	286.5	10	1337.8	32	4754.3	72	33943.8
-9	310.1	11	1311.9	34	5319.5	74	36956.4
-8	335.2	12	1402.5	36	5940.8	76	40183.2
-7	362.0	13	1497.2	38	6624.8	78	43636.3
-6	390.8	14	1598.5	40	7375.4	80	47342.6
-5	421.7	15	1705.2	42	8199.3	82	51315.6
-4	454.6	16	1817.2	44	9100.6	84	55568.6
-3	489.7	17	1937.2	46	10085.8	86	60114.9
-2	527.4	18	2063.8	48	11160.4	88	64.941.1
-1	567.7	19	2197.1	50	12333.6	90	70095.4
0	610.5	20	2338.5	52	13612.2	92	75592.2
1	659.7	21	2486.5	54	14998.7	94	81446.4
2	705.8	22	2643.8	56	16505.3	96	87675.2
3	758.0	23	2809.1	58	18145.1	98	94294.6
4	813.4	24	2983.7	60	19918.3		



### 3 VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ LABORATOŘE A4/603

V laboratoři A4/603 proběhl záznam vybraných parametrů prostředí za období: 3.12. 2012 až 31.3. 2013. Záznam proběhl pomocí realizovaného modelu. Hodnoty jednotlivých parametrů prostředí byly ukládány každou celou minutu. Z naměřených hodnot jsme sestavili následující tabulky a grafy (zdrojová data i výpočet je doložen na CD práce v souborech, které byly vytvořeny s pomocí tabulkového procesoru). Průměr měsíční vyjadřuje aritmetický průměr všech naměřených hodnot vybraného parametru za daný měsíc. Maximum a minimum měsíční uvádí extrémní naměřené hodnoty za daný měsíc. Měsíční rozdíl znamená rozdíl maximální a minimální dosažené teploty za daný měsíc.

Při zpracování naměřených hodnot parametrů prostředí v laboratoři byly zjištěny mírné odchylky mezi měřením pomocí meteostanice TFA Primus a jednotky Datalab se snímačem PTS100 (tabulky 11 a 11). Odchylky lze tolerovat vzhledem k třídě přesnosti použitých snímačů.

*Tabulka 7: Teplota vzduchu v laboratoři - jednotka DatalabIO + snímač PTS100*

Datum	Teplota vzduchu v laboratoři (Datalab) [°C]			
	Průměr měsíční	Maximum měsíční	Minimum měsíční	Měsíční rozdíl
Prosinec 2012	21,6	23,3	20,2	3,1
Leden 2013	22,3	24,1	20,3	3,8
Únor 2013	23,1	24,4	22,0	2,4
Březen 2013	23,3	25,0	21,7	3,3
Duben 2013	24,4	28,1	21,4	6,7

*Tabulka 8: Teplota vzduchu v laboratoři - meteostanice TFA*

Datum	Teplota vzduchu v laboratoři (TFA) [°C]			
	Průměr měsíční	Maximum měsíční	Minimum měsíční	Měsíční rozdíl
Prosinec 2012	21,2	23,3	19,7	3,6
Leden 2013	21,9	24,0	20,0	4,0
Únor 2013	22,6	25,2	21,5	3,7
Březen 2013	23,0	25,4	21,3	4,1
Duben 2013	24,2	28,6	20,9	7,7

*Tabulka 9: Relativní vlhkost v laboratoři - meteostanice TFA*

Datum	Relativní vlhkost vzduchu v laboratoři (TFA) [%]			
	Průměr měsíční	Maximum měsíční	Minimum měsíční	Měsíční rozdíl
Prosinec 2012	25,0	36,0	16,0	20,0
Leden 2013	23,7	33,0	15,0	18,0
Únor 2013	24,4	40,0	17,0	23,0
Březen 2013	22,8	35,0	12,0	23,0
Duben 2013	29,7	41,0	21,0	20,0

Tabulka 10: Barometrický tlak - meteostanice TFA

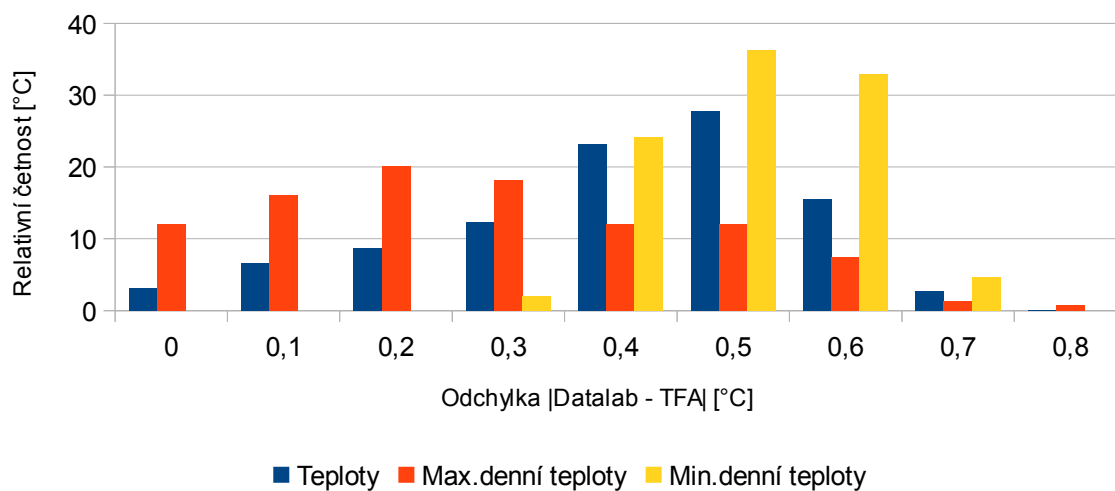
Datum	Barometrický tlak (TFA) [hPa]			
	Průměr měsíční	Maximum měsíční	Minimum měsíční	Měsíční rozdíl
Prosinec 2012	1015,5	1032,4	999,2	33,2
Leden 2013	1014,0	1030,8	996,0	34,8
Únor 2013	1013,9	1028,2	989,7	38,5
Březen 2013	1010,5	1025,8	989,4	36,4
Duben 2013	1016,4	1029,2	1003,2	26,0

Tabulka 11: Odchyly naměřených hodnot: |Datalab - TFA|  
(období: prosinec 2012 až duben 2013)

Odchyly [°C]	Četnost [-]		
	Teploty	Max.denní teploty	Min.denní teploty
0,0	6609	18	0
0,1	14148	24	0
0,2	18484	30	0
0,3	26289	27	3
0,4	49498	18	36
0,5	59191	18	54
0,6	33134	11	49
0,7	5836	2	7
0,8	20	1	0
<b>Celkem</b>	<b>213209</b>	<b>149</b>	<b>149</b>

## Četnost teplotních odchylek |Datalab - TFA|

Období: prosinec 2012 až duben 2013

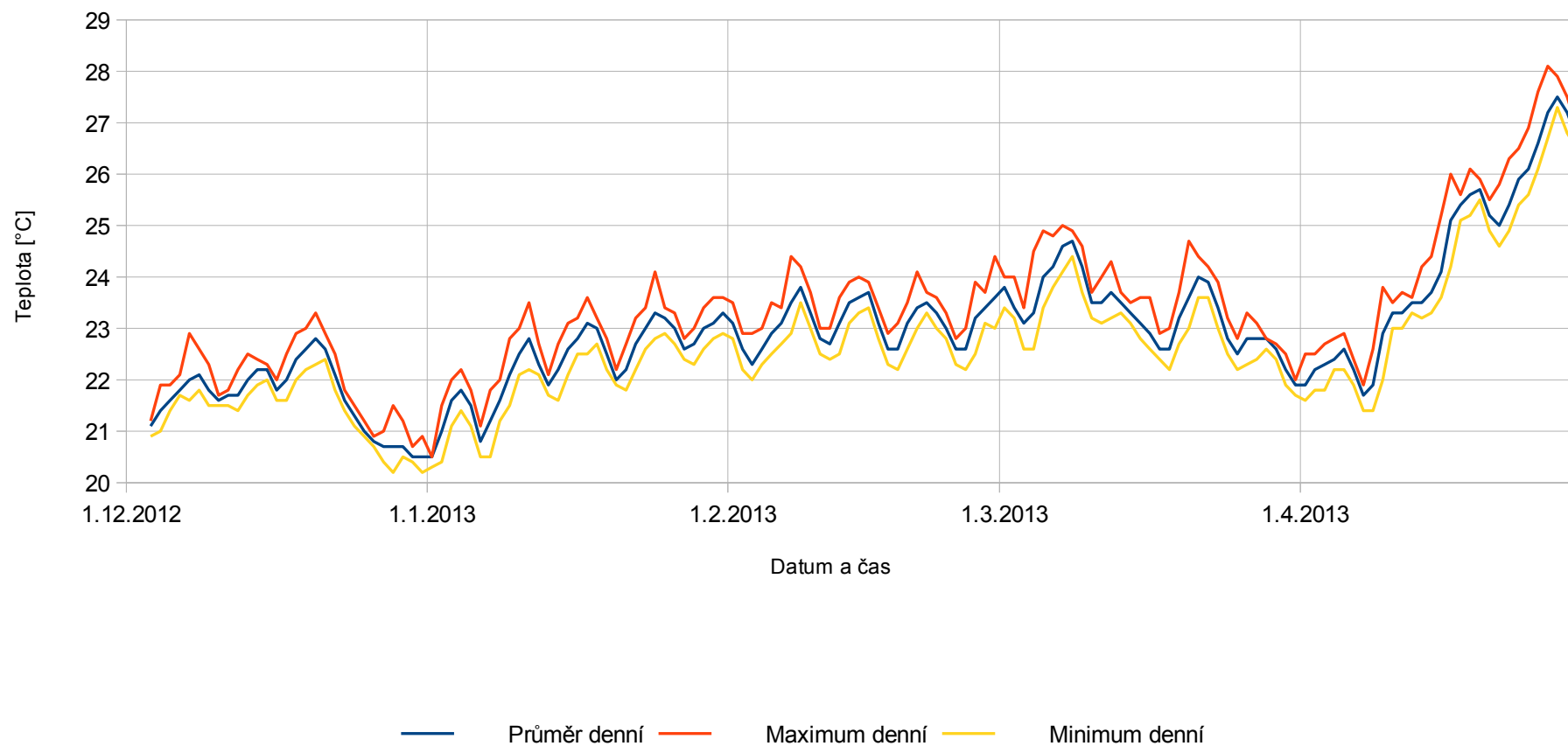


Graf 1: Graf teplotních odchylek a jejich četností (vnitřních snímačů)



## Teplota vzduchu v laboratoři

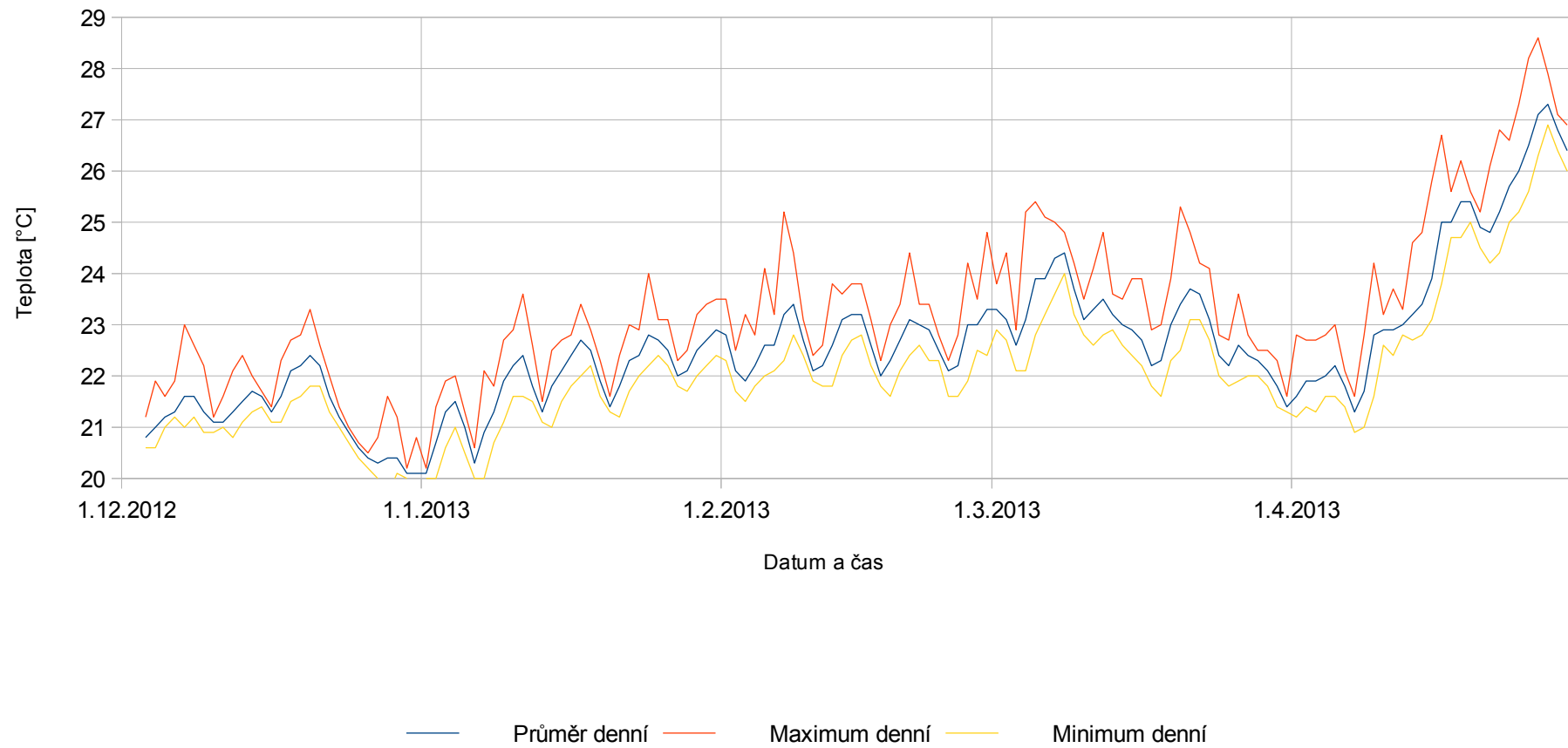
snímač: Datalab + PTS100



Graf 2: Teplota vzduchu v laboratoři: jednotka DatalabIO + snímač PTS100

## Teplota vzduchu v laboratoři

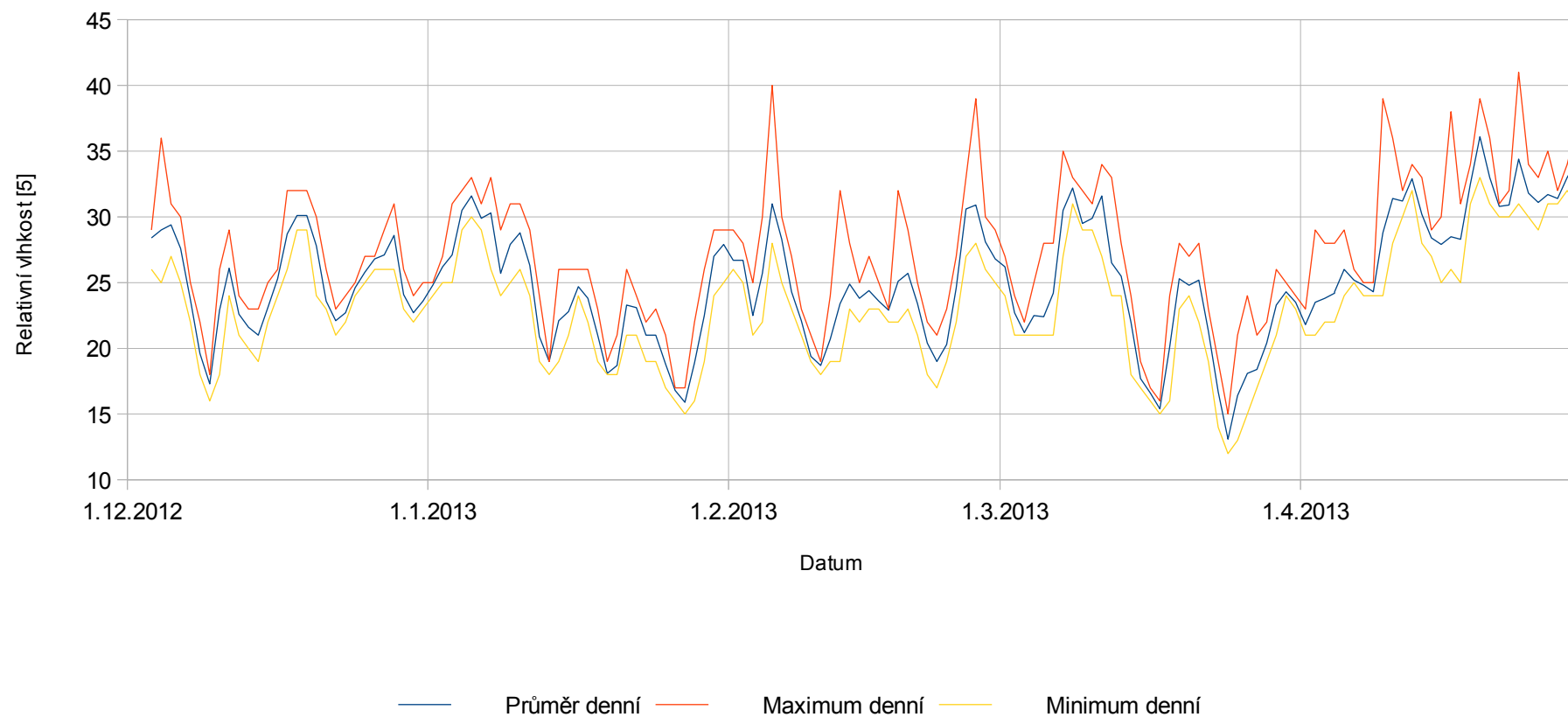
Snímač: meteostanice TFA Primus



Graf 3: Teplota vzduchu v laboratoři: meteostanice TFA Primus

## Relativní vlhkost vzduchu v laboratoři

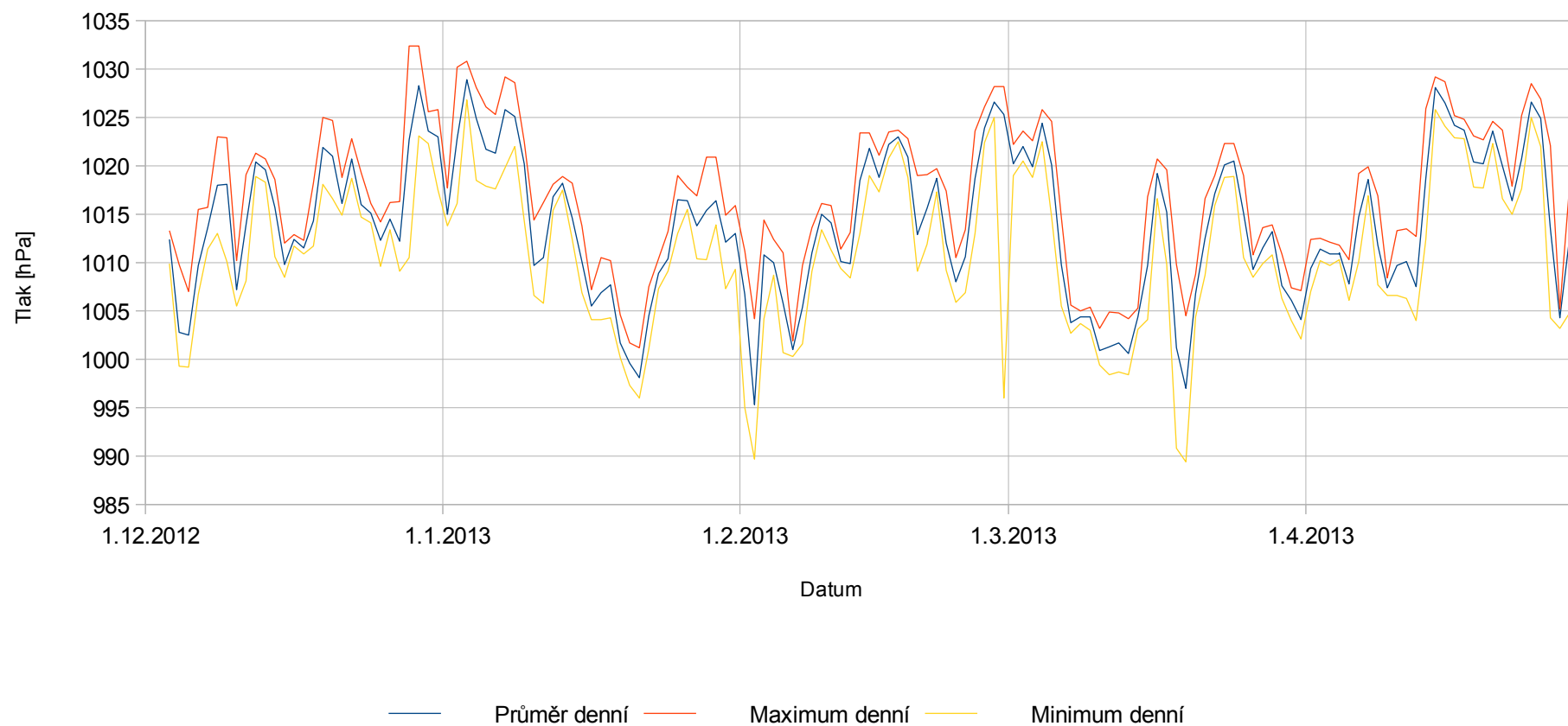
Snímač: meteostanice TFA Primus



Graf 4: Relativní vzdušná vlhkost v laboratoři: meteostanice TFA Primus

## Barometrický tlak (0 m n.m.)

Snímač: meteostanice TFA Primus



Graf 5: Barometrický tlak: meteostanice TFA Primus

## 4 VLIV PARAMETRŮ PROSTŘEDÍ LABORATOŘE

Parametr	Maximální hodnota	Minimální hodnota
Teplota	28,1	20,2
Vlhkost	41,0	12,0
Barometrický tlak	1032,4	989,4

Výpočet korekce na vyčnívající sloupec u kapalinového teploměru (popsáno v 1.12 Vliv parametrů na výsledky měření)<sup>[2]</sup>:

$$t_m = t_t + \Delta t = 80 + 0,29 = 80,29^\circ \text{C} \quad (16)$$

$$\Delta t = B \cdot n \cdot (t_t - t_0) = \frac{1}{6300} \cdot 30 \cdot (80 - 20) = 0,29^\circ \text{C} \quad (17)$$

Tabulka 13: Příklad korekce na vyčnívající sloupec u kapalinového teploměru (dle 1.12 Vliv parametrů na výsledky měření)

<b>Teplota teploměru ponořeného do kapaliny <math>t_t</math></b>	<b>80,00</b>
Opravný součinitel $\Delta t$	0,29
Součinitel objemové roztažnosti rtuti $B$	1/6300
Počet dílků vyčnívajícího sloupce $n$	30
Střední teplota vyčnívajícího sloupce $t_0$	20,00
<b>Skutečná teplota <math>t_m</math></b>	<b>80,29</b>

Tabulka 14: Příklady vlivu parametrů prostředí na různé fyzikální parametry (dle přílohy Fyzikální tabulky)

<b>Teplota [<math>^\circ\text{C}</math>]</b>	<b>20</b>	<b>30</b>	<b>Rozdíl</b>
Hustota destilované vody [ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ]	998,2063	995,6511	2,5552
Dynamická viskozita vody [ $10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$ ]	1,0020	0,7982	0,2038
Povrchové napětí vody [ $10^{-3} \text{ N}\cdot\text{m}^{-1}$ ]	72,8	71,2	1,6
Tlak nasycené vodní páry [Pa]	2338,5	4242,3	1903,8

<b>Barometrický tlak [hPa]</b>	<b>990</b>	<b>1030</b>	<b>Rozdíl</b>
Bod varu vody [ $^\circ\text{C}$ ]	99,35	100,46	1,11

<b>Barometrický tlak [hPa]</b>	<b>990</b>	<b>1030</b>	<b>Rozdíl</b>
<b>Teplota [<math>^\circ\text{C}</math>]</b>	<b>20</b>	<b>25</b>	<b>---</b>
Hustota vzduchu [ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ]	1,177	1,204	0,027

## 5 VENKOVNÍ PROSTŘEDÍ LABORATOŘE A4/603

Souběžně s měřením parametrů prostředí v laboratoři A4/603 byla měřena teplota vzduchu a vzdušná vlhkost za jejími okny. Záznam proběhl pomocí realizovaného modelu. Hodnoty jednotlivých parametrů prostředí byly ukládány každou celou minutu. Z naměřených hodnot jsme sestavili následující tabulky a grafy (zdrojová data i výpočet je doložen na CD práce v souborech, které byly vytvořeny s pomocí tabulkového procesoru). Průměr měsíční vyjadřuje aritmetický průměr všech naměřených hodnot vybraného parametru za daný měsíc. Maximum a minimum měsíční uvádí extrémní naměřené hodnoty za daný měsíc. Měsíční rozdíl znamená rozdíl maximální a minimální dosažené teploty za daný měsíc. K dispozici jsou srovnání námi naměřených hodnot (z laboratoře FSI A4/603) s hodnotami z meteorologické stanice FAST VUT v Brně (období leden až březen 2013). Hodnoty ze stanice FAST byly ukládány v intervalu 15 minut. Z meteorologické stanice FAST byly využity následující parametry prostředí: venkovní teplota a relativní vlhkost vzduchu, globální sluneční radiace.

Připomeňme, že 21.3. 2013 byl na venkovní snímač PTS100 (Datalab) nainstalován radiační štít. Proto jsou tabulky tímto datem rozděleny. Po instalaci radiačního štítu lze pozorovat přiblížení se hodnoty měřené PTS100 (Datalab) více přiblíží hodnotám ze stanice FAST.

Tabulka 15: Venkovní teplota vzduchu (Datalab)

Datum	Teplota venku (Datalab bez radiačního štítu) [°C]			
---	Průměr měsíční	Maximum měsíční	Minimum měsíční	Měsíční rozdíl
Prosinec 2012	2,3	24,7	-8,1	32,8
Leden 2013	2,1	24,3	-6,6	30,9
Únor 2013	3,8	33,1	-4,3	37,4
Březen do 21. 2013	6,6	40	-4,8	44,8

Datum	Teplota venku (Datalab s radiačním štítem) [°C]			
---	Průměr měsíční	Maximum měsíční	Minimum měsíční	Měsíční rozdíl
Březen od 22. 2013	0,2	8,3	-8,2	16,5
Duben 2013	11,6	29,3	-2,7	32

Tabulka 16: Venkovní teplota vzduchu (TFA)

Datum	Teplota venku (TFA) [°C]			
---	Průměr měsíční	Maximum měsíční	Minimum měsíční	Měsíční rozdíl
Prosinec 2012	1,3	17,5	-8,2	25,7
Leden 2013	1,5	17,4	-7,4	24,8
Únor 2013	3,1	21	-3,8	24,8
Březen do 21. 2013	5,4	26,2	-4,2	30,4
Březen od 22. 2013	2,0	13,2	-6,4	19,6
Duben 2013	12,7	36,2	-1,9	38,1

Tabulka 17: Venkovní teplota vzduchu (meteorologická stanice FAST) <sup>[64]</sup>

Datum	Teplota vzduchu venku (FAST) [°C]			
	Průměr měsíční	Maximum měsíční	Minimum měsíční	Měsíční rozdíl
---				
Leden 2013	-0,8	10,6	-9,3	19,9
Únor 2013	1	10,7	-6	16,7
Březen do 21. 2013	3,3	15,3	-6	21,3
Březen od 22. 2013	-0,7	7,1	-8,8	15,9

Tabulka 18: Venkovní relativní vzdušná vlhkost (TFA)

Datum	Vlhkost venku TFA [%]			
	Průměr měsíční	Maximum měsíční	Minimum měsíční	Měsíční rozdíl
---				
Prosinec 2012	78,8	94	27	67
Leden 2013	76,3	93	31	62
Únor 2013	73,8	91	25	66
Březen do 21. 2013	65,7	94	17	77
Březen od 22. 2013	61,4	87	20	67
Duben 2013	61,3	90,0	15,0	75,0

Tabulka 19: Venkovní relativní vzdušná vlhkost (meteorologická stanice FAST) <sup>[64]</sup>

Datum	Relativní vlhkost vzduchu venku (FAST) [°C]			
	Průměr měsíční	Maximum měsíční	Minimum měsíční	Měsíční rozdíl
---				
Leden 2013	77,7	92	39	53
Únor 2013	74,2	91	34	57
Březen do 21. 2013	64,1	92	22	70
Březen od 22. 2013	61,7	90	22	68

Tabulka 20: Odchyly naměřených hodnot (Datalab – FAST) od 1.1. 2013 do 21.3. 2013 <sup>(s využitím [64])</sup>

Odchylna [°C]	Četnost [-]
< 0 ; 0,5 >	382
< 0 ; 1 >	877
< 0 ; 1,5 >	1588
< 0 ; 2 >	2660
< 0 ; 2,5 >	3866
< 0 ; 3 >	5154
< 0 ; 3,5 >	6031
< 0 ; 4 >	6490
< 0 ; 4,5 >	6758
< 0 ; 5 >	6895
< 0 ; 5,5 >	7015
< 0 ; 6 >	7097
< 0 ; 15 >	7506
< 0 ; 30 >	7617
Průměr ABS [°C]	3,1

Tabulka 21: Odchyly naměřených hodnot (TFA – FAST) od 1.1. 2013 do 21.3. 2013 <sup>(s využitím [64])</sup>

Odchylna [°C]	Četnost [-]
< 0 ; 0,5 >	238
< 0 ; 1 >	867
< 0 ; 1,5 >	2126
< 0 ; 2 >	3681
< 0 ; 2,5 >	5301
< 0 ; 3 >	6473
< 0 ; 3,5 >	7009
< 0 ; 4 >	7208
< 0 ; 4,5 >	7306
< 0 ; 5 >	7372
< 0 ; 5,5 >	7408
< 0 ; 6 >	7439
< 0 ; 15 >	7617
Průměr ABS [°C]	2,3

Tabulka 22: Odchytky naměřených hodnot  
(Datalab – FAST) od 22.3. 2013 do 31.3. 2013  
(s využitím [64])

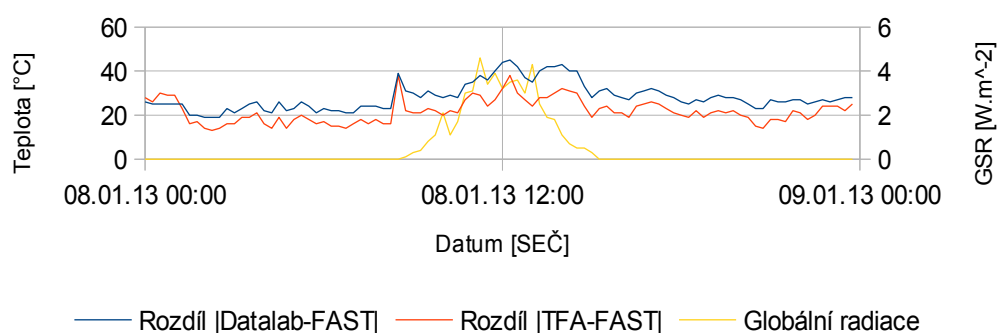
Odchytky [°C]	Četnost [-]
< 0 ; 0,5 >	129
< 0 ; 1 >	654
< 0 ; 2 >	821
< 0 ; 2,5 >	878
< 0 ; 3 >	909
< 0 ; 3,5 >	925
< 0 ; 4 >	933
< 0 ; 4,5 >	937
< 0 ; 5 >	940
< 0 ; 5,5 >	945
< 0 ; 6 >	951
Průměr ABS [°C]	1,0

Tabulka 23: Odchytky naměřených hodnot  
(TFA – FAST) od 22.3. 2013 do 31.3. 2013  
(s využitím [64])

Odchytky [°C]	Četnost [-]
< 0 ; 0,5 >	8
< 0 ; 1 >	16
< 0 ; 1,5 >	101
< 0 ; 2 >	303
< 0 ; 2,5 >	600
< 0 ; 3 >	741
< 0 ; 3,5 >	806
< 0 ; 4 >	845
< 0 ; 4,5 >	876
< 0 ; 5 >	895
< 0 ; 5,5 >	904
< 0 ; 6 >	916
< 0 ; 15 >	951
Průměr ABS [°C]	2,8

### Vliv globální sluneční radiace na odchytky naměřených teplot |model - FAST|

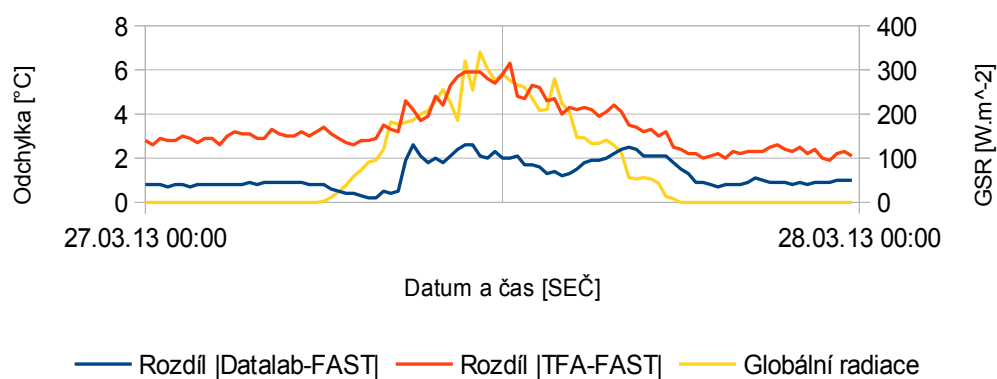
8.1. 2013



Graf 6: Vliv GSR na odchytky měření |model – FAST|. (s využitím [64]) Datalabový snímač byl bez radiačního štítu.

### Vliv globální sluneční radiace na odchytky naměřených teplot |model - FAST|

27.3. 2013

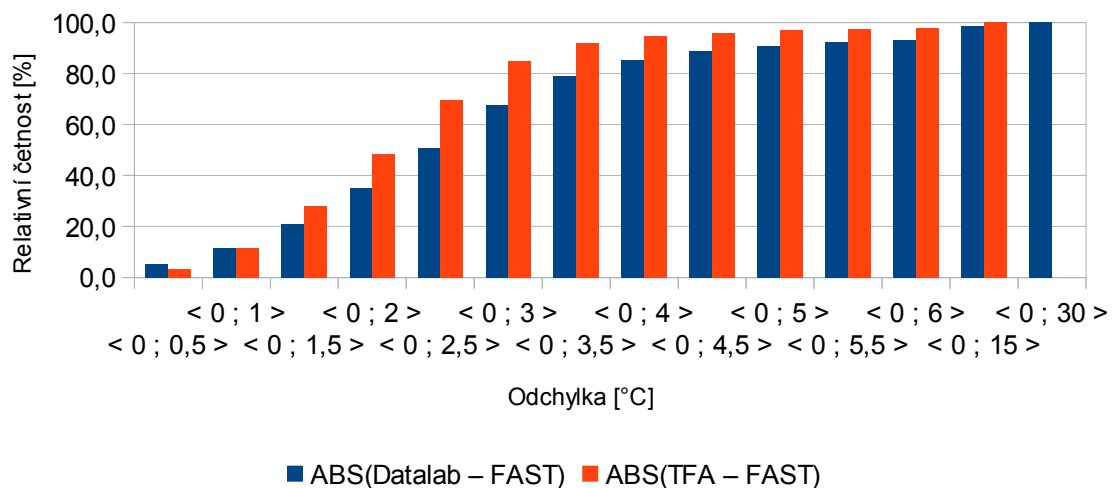


Graf 7: Vliv GSR na odchytky měření |model – FAST|. (s využitím [64]) Datalabový snímač byl s radiačním štítem.



# Porovnání venkovní teploty vzduchu: rozdíl hodnot |FSI\_lab603 - FAST|

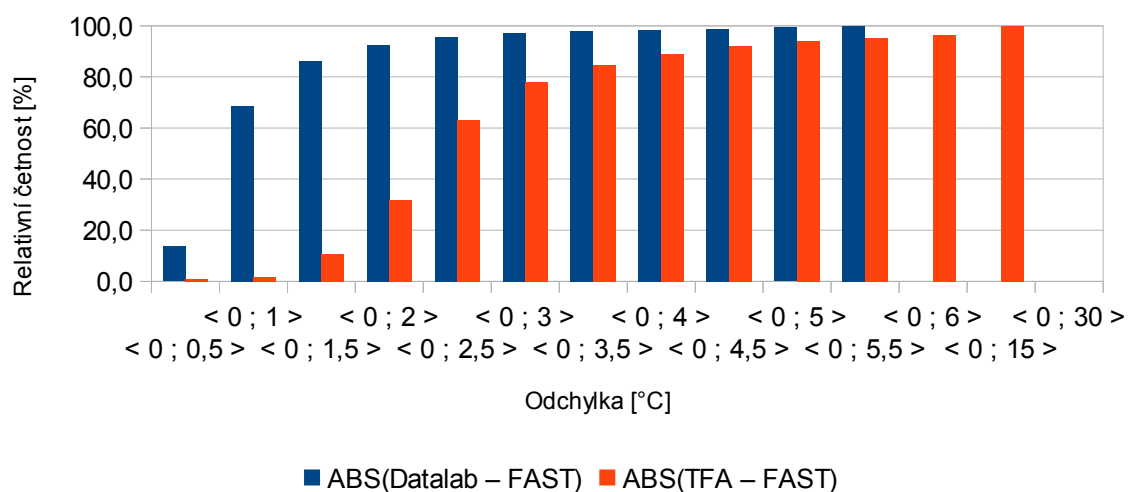
Období: leden až 21.březen 2013



Graf 8: Graf teplotních odchylek a jejich četností (venkovních snímačů)<sup>(s využitím [64])</sup>

# Porovnání venkovní teploty vzduchu: rozdíl hodnot |FSI\_lab603 - FAST|

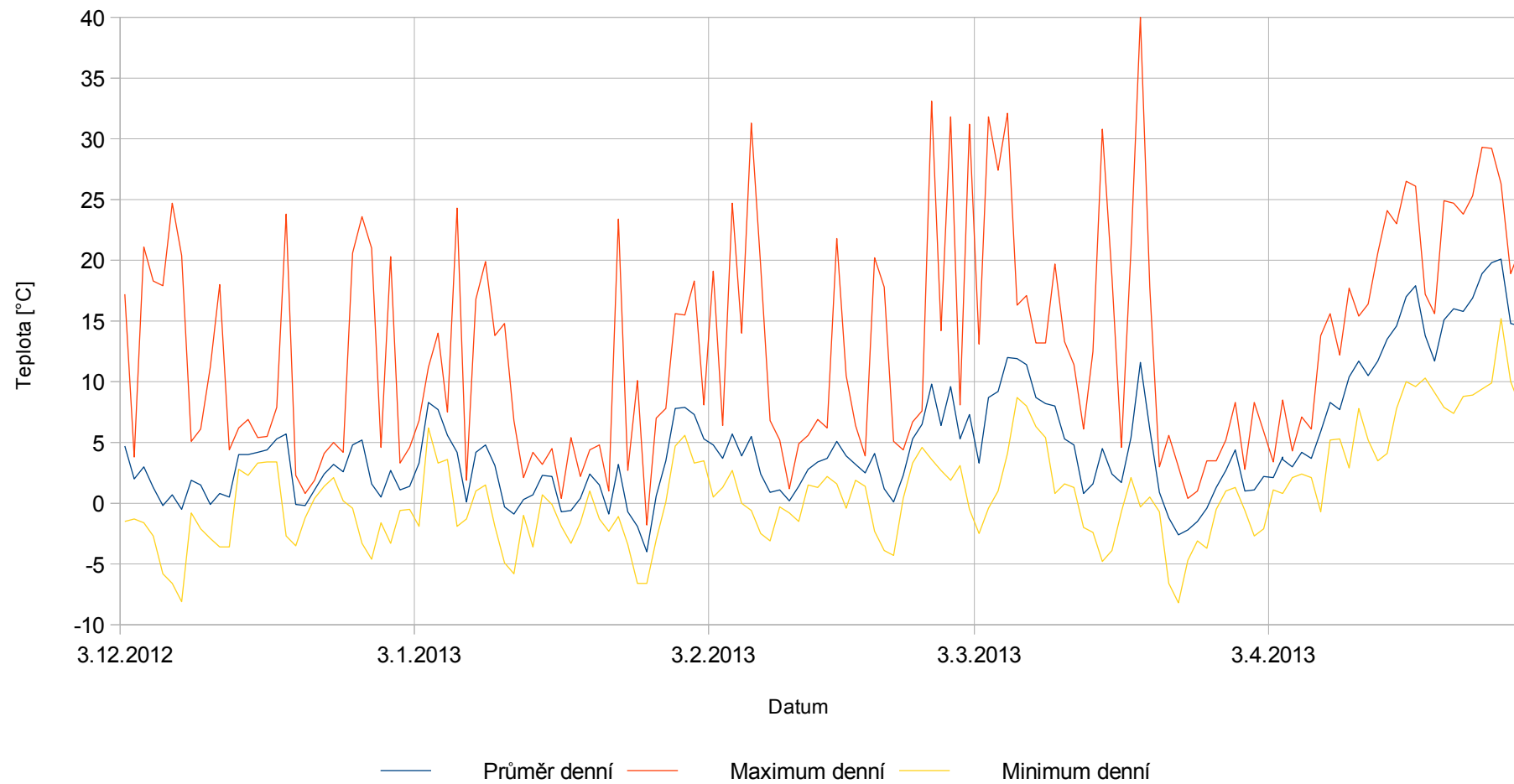
Období 22. až 31. března 2013



Graf 9: Graf teplotních odchylek a jejich četností (venkovních snímačů)<sup>(s využitím [64])</sup>

## Teplota vzduchu za okny laboratoře

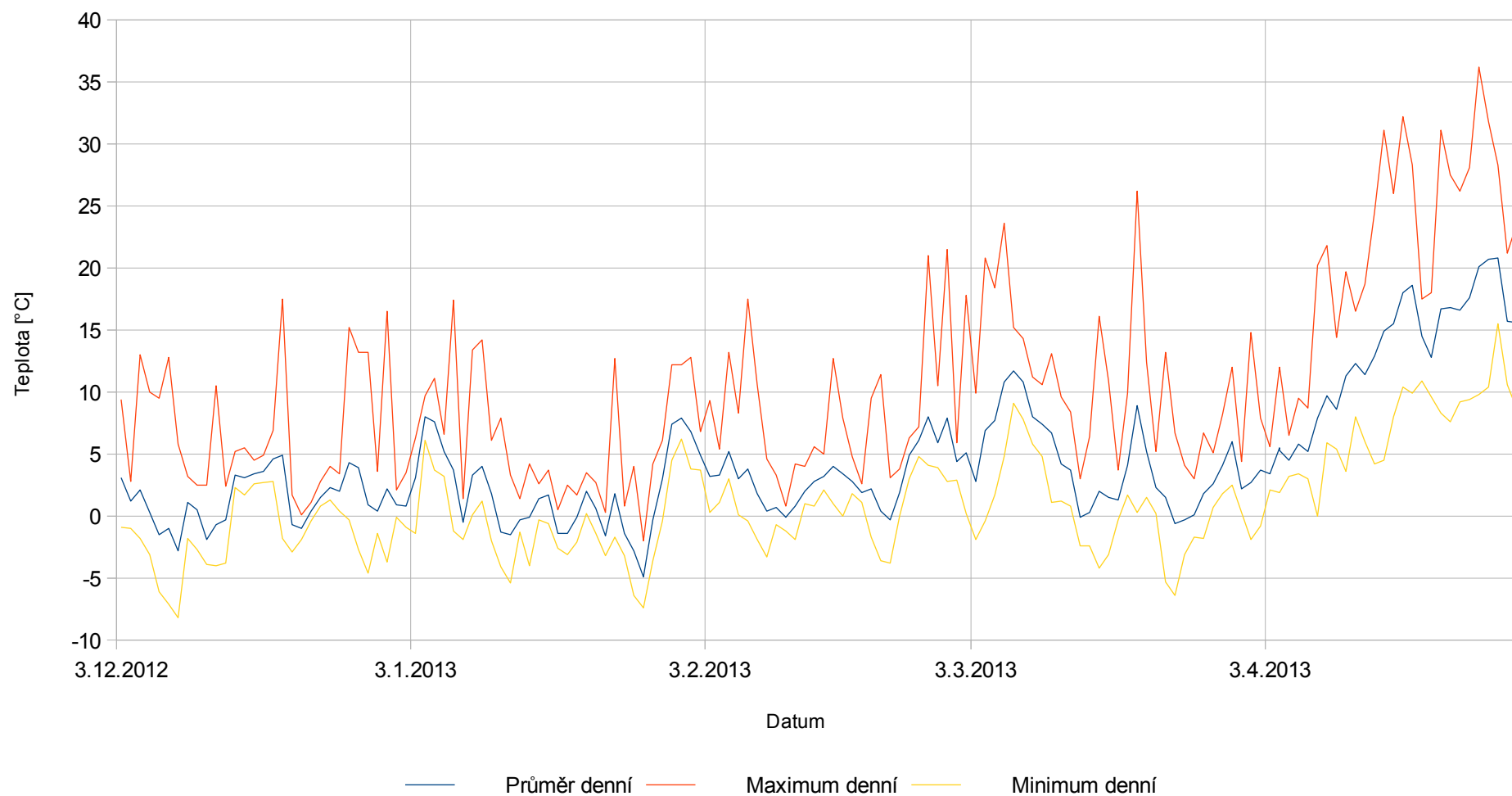
Snímač: Datalab + PTS110x



Graf 10: Venkovní teplota vzduchu u laboratoře A4/603: Datalab + PTS110x

## Teplota vzduchu za okny laboratoře

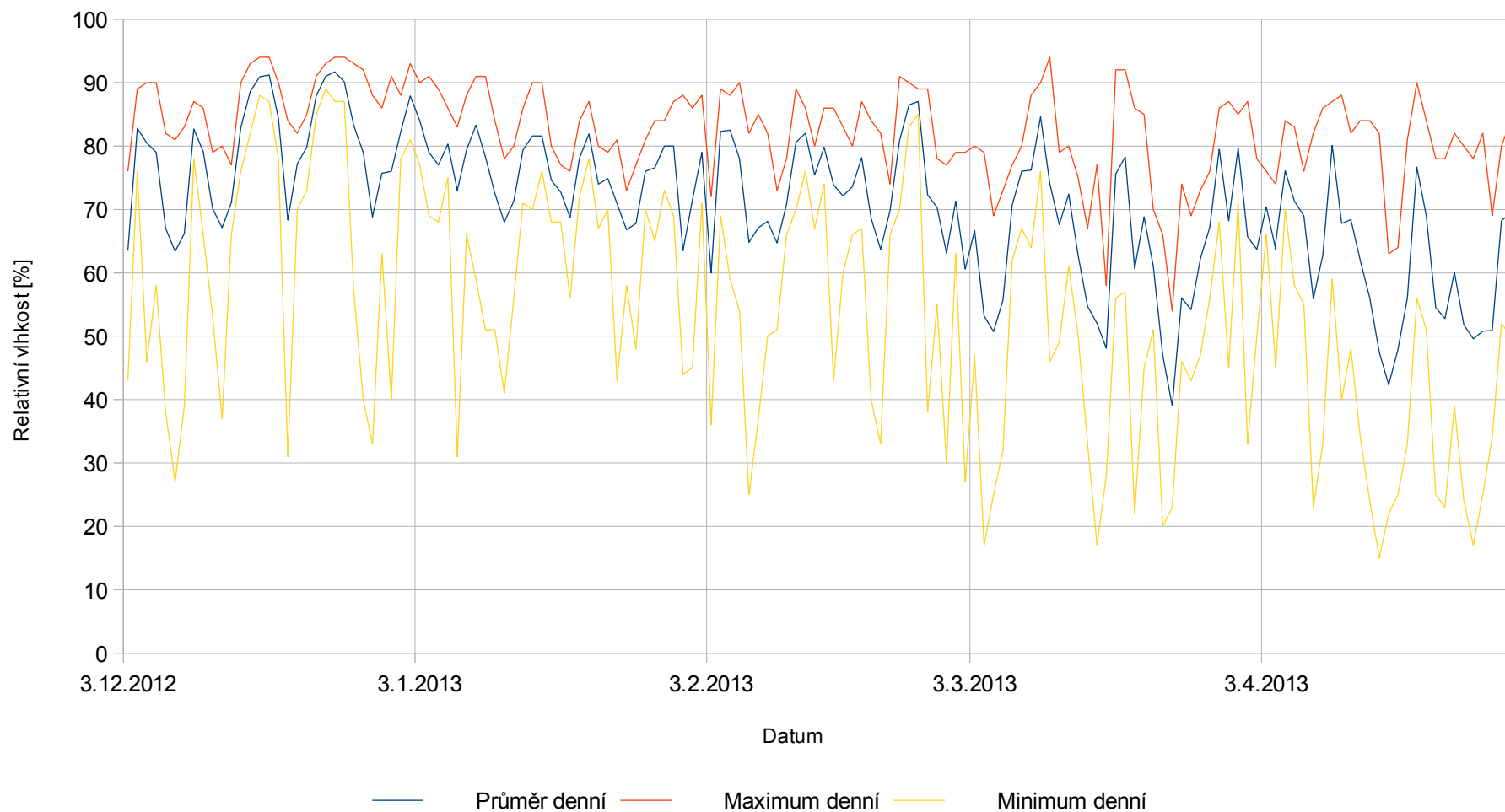
Snímač: meteostanice TFA Primus



Graf 11: Venkovní teplota vzduchu u laboratoře A4/603; meteostanice TFA Primus

## Vlhkost za okny laboratoře

Snímač: meteostanice TFA Primus



Graf 12: Venkovní relativní vzdušná vlhkost u laboratoře A4/603: meteostanice TFA Primus